

# LA LLUM MEDITERRÀNIA I ELS ESPAIS D'ACCÉS A L'ARQUITECTURA

Tesi presentada per:

Judit López Besora

Dirigida per:

Helena Coch Roura

Programa de doctorat:

ÀMBITS DE RECERCA EN L'ENERGIA I EL MEDI AMBIENT A L'ARQUITECTURA

DEPARTAMENT DE CONSTRUCCIONS ARQUITECTÒNIQUES I

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA, ETSAB

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, UPC

Barcelona, Setembre de 2015

Imatges de portada: Los Escullos (Almería), Roma, l'Escala, Granada, Cabo de Gata, Tívoli, Bilbao, Palma, Burano, Taormina i Tarragona

A la meva família

## AGRAÏMENTS

Vull agrair als companys del grup de recerca Arquitectura i Energia de l'Escola d'Arquitectura el seu ajut, consells i col·laboració en la feina duta a terme.

Especialment a la meva directora, l'Helena Coch, pel seguiment ofert i per encoratjar-me a completar aquesta tesi.

També vull agrair l'Escola Superior de Cinema i Audiovisuals de Catalunya (ESCAC), per haver posat les instal·lacions on es va dur a terme el treball de l'Annex III a la meva disposició.

Igualment, agraeixo al personal dels edificis on es realitzar els mesuraments de llum la seva disponibilitat i col·laboració.

I per últim, vull agrair el suport dels companys, els amics i la família, sobre tot dels meus pares i el Xavi, sense els quals acabar aquesta tesi no hagués estat possible.



# ÍNDEX

<b>INTRODUCCIÓ .....</b>	<b>5</b>
Justificació de l'elecció del tema .....	7
Objectius.....	9
Hipòtesis inicials .....	10
Antecedents .....	10
Estat de l'art .....	10
Metodologia i estructura del treball.....	16
 <b>PART I – LLUM I VISIÓ A L'ENTORN MEDITERRANI.....</b>	<b>19</b>
<b>Cap. 1 El procés de la visió: què i com hi veiem.....</b>	<b>21</b>
1.1. La llum .....	21
1.2. El color.....	24
1.3. La visió .....	28
1.4. La percepció visual .....	34
<b>Cap. 2 L'entorn físic. El cas de la Mediterrània i la seva llum .....</b>	<b>43</b>
2.1. L'àmbit mediterrani.....	43
2.2. L'entorn urbà.....	44
2.3. La llum mediterrània .....	48
2.3.1. La llum a l'exterior de l'edifici .....	51
2.3.2. La llum a l'interior de l'edifici .....	69
 <b>PART II – L'ACCÉS A L'ARQUITECTURA.....</b>	<b>77</b>
<b>Cap. 3 La importància del recorregut .....</b>	<b>79</b>
<b>Cap. 4 Què són els espais de transició.....</b>	<b>83</b>
4.1 Definició, característiques i funcions.....	83
4.2 Necessitats visuals.....	85
<b>Cap. 5 Transició a l'arquitectura des d'un punt de vista funcional .....</b>	<b>89</b>
<b>Cap. 6 Transició a l'arquitectura des d'un punt de vista formal .....</b>	<b>99</b>
6.1 Disseny de l'espai .....	99
6.1.1 Zonificació .....	100
6.1.2 Dimensió .....	102

6.1.3 Composició.....	107
6.1.4 Materials i acabats .....	110
6.1.5 Continuitat visual .....	113
6.2 Disseny de la llum .....	115
6.2.1 Procedència.....	115
6.2.2 Font.....	118
6.2.3 Grau de difusió.....	119
<b>Cap. 7 Els espais de transició a l'arquitectura mediterrània.....</b>	<b>123</b>
 <b>PART III – QUALITAT VISUAL DELS ESPAIS DE TRANSICIÓ.....</b>	 <b>127</b>
<b>Cap. 8 Definidors de la qualitat visual dels espais de transició.....</b>	<b>129</b>
8.1 Paràmetres específics i genèrics.....	131
8.1.1 Relació dels paràmetres amb l'espai.....	134
8.1.2 Relació dels paràmetres amb el temps .....	140
8.1.3 Relació dels paràmetres amb la direccionalitat de l'estímul .....	145
8.2 Esquema de color .....	147
8.2.1 Color de la llum .....	147
8.2.2 Color de l'espai.....	149
8.3 Relació visual amb l'exterior.....	154
8.4 Atmosfera creada .....	156
8.5 Factors de confort de l'usuari.....	158
8.6 Síntesi .....	159
<b>Cap. 9 El disseny i les seves repercussions en la visió de l'espai.....</b>	<b>161</b>
9.1. El disseny i la qualitat visual .....	161
9.2 El disseny i l'adaptació visual.....	164
9.2.1 La forma de l'espai .....	166
9.2.2 L'aspecte de les superfícies.....	179
9.2.3 La llum incident .....	184
9.3. Síntesi i recomanacions finals.....	188
 <b>CONCLUSIONS.....</b>	 <b>191</b>
<b>LLISTAT DE FIGURES .....</b>	<b>197</b>
<b>LLISTAT DE TAULES.....</b>	<b>206</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>207</b>

<b>ANNEXES</b> .....	<b>213</b>
<b>ANNEX I</b>	PROCEDIMENT DE DETERMINACIÓ DE LES LUMINÀNCIES DE L'ESCENA VISUAL MEDITERRÀNIA
<b>ANNEX II</b>	MESURAMENTS DE LUMINÀNCIA EN VESTÍBULS
<b>ANNEX III</b>	PROCEDIMENT D'AVALUACIÓ DE LA PERCEPCIÓ DE LLUMINOSITAT EN ESPAIS DE DIFERENT COLOR



## INTRODUCCIÓ

*Per què s'ha escollit aquest tema? Qui ho ha fet abans? Com s'enfoca l'estudi?*

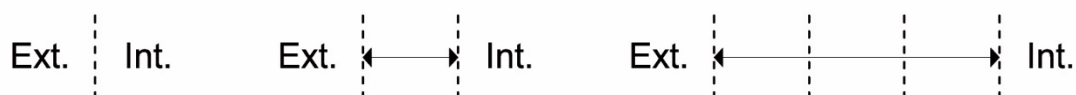


## Justificació de l'elecció del tema

Des de l'inici de la humanitat, les persones han tingut la necessitat de protegir-se dels agents exteriors buscant espais que els servissin a tal efecte. Protecció enfront d'atacs d'animals o persones, protecció de les condicions adverses del clima, protecció buscant la intimitat d'un lloc propi. L'home primitiu va solucionar aquestes necessitats aprofitant els recursos que li proporcionava la natura, utilitzant i excavant coves i fent ús d'elements vegetals. Amb la evolució de la humanitat, aquests recers primitius es van anar desenvolupant i van aparèixer les primeres edificacions. Des d'aleshores fins ara, l'arquitectura ha anat evolucionant i encara està en contínua evolució, però les necessitats de l'home continuen sent les mateixes.

A partir del moment en què l'home crea un espai on preservar la seva intimitat es produeix una diferència substancial entre l'exterior parcialment o gens controlat per l'home, i l'interior del seu espai, el seu santuari. La diferència no és només física, sinó també psicològica. L'existència d'aquest exterior exposat, en contraposició a un interior creat a la nostra mida implica que hi hagi un punt on es produeix el pas de l'un a l'altre, la transició.

Les transicions no només es produeixen en arquitectura, sinó també en el món de l'art, entre passatges de literatura i a la música. En el món de la música, un dels autors que es refereixen a aquesta idea és Wagner. Ell ho defineix textualment com l'*art de la transició* referint-se a la seva manera de connectar de manera harmònica passatges musicals de caràcter molt diferent mitjançant ponts que flueixin entre un i altre passatge: [...] *I now realize that the special fabric of my music (always, of course, most precisely related to the poetic conception) [...] owes its construction above all to the highly sensitive feeling which directs me to interlink and interrelate every element of transition between the most extreme moods. I should now like to call my deepest and most subtle art the art of transition, for the whole fabric of my art is built up on such transitions: Sharp and sudden changes I have come to dislike [...]*<sup>1</sup>. Igual que passaria entre ambients molt diferents en arquitectura, cal construir espais que connectin de manera harmònica les dues situacions.



**Figura 1:** connexió entre l'interior i l'exterior

En arquitectura, la transició entre l'interior i l'exterior dels edificis es pot produir de diferents maneres (figura 1): en un pla i de manera instantània, com passa quan travessem una porta [...] *El umbral de la puerta es el primer elemento que nos posibilita diseñar la línea de unión del espacio interior y el exterior y del espacio exterior y el interior con un símbolo óptico, ambiental. Social, etc. [...]*<sup>2</sup>, o bé mitjançant un recinte, un espai tridimensional. Prenent com a punt de partida aquestes dues situacions bàsiques i combinant-les, es poden produir solucions

<sup>1</sup> Cita extreta de Michel, L. *Light: the shape of space: designing with space and light*, P.227, en referència a, Wagner: a documentary study. H. Barth, D. Mack i E. Voss (1975, 189)

<sup>2</sup> Fonatti, F. *Principios elementales de la forma en arquitectura*

articulades més complexes que resolen de diferent manera la transició entre l'interior i l'exterior. Tal és el cas de combinacions de patis, porxos, portes, etcètera, que connecten l'espai públic amb el privat.

El fet és que, si bé aquest pas es podria produir simplement practicant una obertura a la façana de l'edifici, **en l'arquitectura existeixen múltiples solucions de gran riquesa estètica que acompanyen l'usuari en el seu trànsit a través de l'entrada als edificis.** Aquestes solucions generen visuals i contrastos de llum i ombra molt suggeridors que suposen un plaer estètic per qui hi circula, ja es tracti d'una senzilla casa tradicional o d'un edifici monumental, com els exemples de la figura 2.



**Figura 2:** espais de transició a la Chiesa S. Silvestro (Roma), casa (Arcos de la Frontera) i la Fundació Pilar i Joan Miró (Palma de Mallorca)

El què és comú a tots aquests espais o conjunts d'espais és la seva **existència obligada en totes les arquitectures, ja que el pas de l'exterior a l'interior i viceversa sempre es produeix**, d'aquí la necessitat de dedicar-hi una atenció especial a l'hora de dissenyar-los.

La part estètica de la transició entre interior i exterior és important en aquests espais, però també hi juga un paper essencial la part relacionada amb les condicions ambientals. En moments històrics en què els sistemes de condicionament ambiental no existien, dissenyar estratègies per minimitzar els efectes adversos del clima a dins els edificis era vital. En aquest sentit, els buits de façana eren i són dels punts més vulnerables, on es produeixen les pèrdues i guanys energètics més importants. Si afegim que el punt d'accés té unes condicions variables perquè està contínuament en contacte amb l'ambient exterior i interior, es dedueix que tractar bé aquesta zona pot reportar beneficis al confort interior de l'edifici. Encara que avui en dia existeixin mètodes per aconseguir el confort de manera artificial, és important aplicar estratègies de disseny que repercutixin en el confort tèrmic, acústic i lumínic de l'espai sense necessitat d'instal·lacions addicionals.

Si bé el confort tèrmic i acústic en els espais d'accés és molt important, aquesta tesi es centra en el confort lumínic, ja que en entorns com el mediterrani, l'adaptació visual en el pas de l'exterior a l'interior dels edificis és un tema cabdal. La llum mediterrània és variable, amb dies de cel clar molt lluminosos i dies de cel cobert amb poca llum. No obstant, la major part de l'any el nivell d'il·luminació a l'exterior és molt alt mentre que a l'interior dels edificis aquest valor és molt menor. Això provoca que, tot i que el nostre sistema visual sigui capaç d'adaptar-se a un



ampli rang de nivells de llum el contrast sigui massa gran. Normalment, aquesta mancança es supleix amb una major aportació de llum artificial a l'interior, però existeixen altres mitjans per millorar la visió en aquestes situacions. En aquest cas, **els espais d'accés faciliten la tasca fent que el sistema visual dels usuaris en trànsit es vagi adaptant paulatinament**. Les virtuts de tenir un espai ben il·luminat faciliten el moviment i l'orientació dins l'espai. Però una il·luminació de qualitat no implica l'existència d'una gran quantitat de llum, sinó una distribució adequada.

El vehicle per aconseguir un resultat visual satisfactori passa necessàriament per conèixer els definidors ambientals més rellevants, que es conjuguin amb unes estratègies de disseny per millorar l'aparença de l'espai. En aquests espais existeix un gran potencial pel que fa a l'estalvi d'energia si s'aconsegueix millorar la visió en moments crítics. Per això, una de les conseqüències d'un bon disseny és la reducció de la demanda d'energia per il·luminació durant les hores que hi ha llum natural. La responsabilitat de l'aspecte que ha de tenir un espai recau en els arquitectes, que han de pensar des d'un principi quines són les necessitats visuals de l'espai i quines solucions hi poden donar manipulant adequadament la llum. Les solucions passen pel disseny de l'espai i la llum, i si és necessari, per l'enllumenat artificial, però sempre pensant que aquest és un sistema que hauria de suplir la mancança d'una font natural.

*Hem vist que el paper que juguen els espais de transició dins l'arquitectura és molt important. Són espais de pas obligat que tothom utilitza en un moment o altre perquè estan presents a tots els edificis. A més, faciliten les transicions ambientals de diferent naturalesa. Visualment suposen un plaer estètic, però al mateix temps han de facilitar l'adaptació visual, fet que es pot aconseguir mitjançant el disseny de l'espai i no només mitjançant l'ús d'enllumenat artificial.*

## Objectius

El tema proposat és transversal i implica coneixements arquitectònics, físics, psicològics, fisiològics i ambientals. No es tracta només d'aprofundir en l'arquitectura dels espais de d'accés i en el confort lumínic, sinó lligar aquests conceptes i relacionar-los amb la visió i la percepció de l'espai en un context específic. Per això, l'objectiu principal d'aquest treball és **posar en relleu la importància dels espais d'accés a l'arquitectura, en concret els que estan situats a l'entorn mediterrani, des del punt de vista de la seva capacitat per fer front a la transició visual entre l'exterior i l'interior**. Aquest és un objectiu que integra diferents conceptes, per això, com a objectius secundaris s'ha plantejat:

- Tipificar els espais de transició.
- Definir els escenaris visuals de l'interior i l'exterior dels edificis en un entorn mediterrani.
- Establir les necessitats visuals dels espais de transició.
- Investigar els definidors de la qualitat visual dels espais de transició atenent a les característiques formals de l'espai i la qualitat de l'ambient generat a través de la llum.
- Proposar estratègies de millora de l'adaptació visual mitjançant el disseny.

*L'objectiu és el coneixement i la millora d'aquests espais bàsics en l'experiència arquitectònica, centrant el focus en la capacitat del disseny per millorar la qualitat i adaptació visuals.*

## Hipòtesis inicials

El treball es centra en l'àmbit físic de l'espai o espais on es produeix la transició entre l'exterior i l'interior dels edificis. S'acota l'estudi a un entorn mediterrani urbà, en situació diürna i en sentit d'entrada a l'edifici. L'estudi es centra en la llum i la visió, i queden fora d'estudi el confort acústic i tèrmic.

Es planteja com a hipòtesi inicial que **el punt de pas entre l'exterior i l'interior de l'edifici és un espai de gran importància ambiental**, pel que fa a la transició entre situacions diferents, **simbòlica** pel seu caire de representativitat, i **funcional**, per l'organització de les circulacions.

Des del punt de vista lumínic, es planteja que **als espais d'entrada als edificis situats a la Mediterrània, en moments d'alta radiació, es poden generar situacions que dificulten l'adaptació visual**. Això succeeix quan l'usuari s'exposa al pas entre condicions lumíniques molt diferents entre interior i exterior, situació molt freqüent al llarg de l'any i durant gran part del dia. En aquest sentit, es parteix de la base que **les escenes visuals o lumíniques interior i exterior són molt diferents pel que fa a la seva lluminositat**.

Degut a la lentitud del procés d'adaptació visual, en aquests espais es produeix una aportació de llum artificial per compensar la manca de visió que no és coherent amb la disponibilitat de llum natural a l'exterior. Per això, es planteja que **un disseny adequat d'aquests espais pot contribuir a disminuir la demanda d'energia per enllumenat artificial**, quan les condicions exteriors ho permeten. Això és possible si **el disseny de l'espai i la llum influeix activament en la qualitat visual dels espais de transició**.

*En resum, s'acota l'àmbit d'estudi i es planteja una situació a analitzar, els espais de transició a la Mediterrània sota unes condicions lumíniques d'alta radiació.*

## Antecedents

El tema es va començar a estudiar en el decurs de l'elaboració de la Tesina de Màster realitzada dins el programa de Màster *Arquitectura, Energia i Medi Ambient* de la Universitat Politècnica de Catalunya, amb el títol *"Transiciones lumínicas: percepción lumínica y visual en los espacios arquitectónicos de transición entre interior y exterior: vestíbulos"*. En el treball presentat es va fer una primera aproximació al tema de la tesi, consistent en una recerca general sobre aquest tipus d'espais i els aspectes referents a la percepció visual, il·lustrada amb l'anàlisi d'un cas d'estudi.

## Estat de l'art

Els principals aspectes que es toquen en aquesta tesi es troben sota el paraigua de l'arquitectura. Generalment, l'arquitectura no és tractada d'una manera científica com a subjecte de recerca, si no és des d'una vessant pràctica o purament teòrica. Malgrat que aquesta tendència va canviant i cada cop hi ha més treballs que s'endinsen en les diferents facetes que tracta l'arquitectura, encara són molts els temes que queden per estudiar.

En aquest treball, el focus està posat en els **espais de transició** entre l'interior i l'exterior, entenent com a tals no només els espais tipus vestibul, sinó el conjunt d'espais coberts i descoberts que constitueixen el pas entre l'interior i l'exterior dels edificis i viceversa. També s'anomenen, com hem vist al títol i al veurem llarg d'aquesta tesi, **espais d'accés**. Aquest tipus d'espai es considera una categoria dins un terme més general d'espais a mig camí entre l'interior i l'exterior que no són necessàriament de pas. Aquest tipus genèric d'espai ha estat tractat a la literatura científica des de diferents punts de vista. Entre ells, a la tesi *La utilitat dels espais inútils*<sup>3</sup> s'anomenen espais intermedis i s'enumera la multitud de termes emprats per definir-los i el gran nombre de solucions existents, que varien per països, climes i cultures.

El terme espais de transició és utilitzat i definit en treballs com el de Chun<sup>4</sup>, on s'aprofundeix en la definició d'aquests espais i la seva nomenclatura en algunes cultures com l'oriental. Aquí els autors destaquen la seva importància en el confort humà, l'eficiència energètica i el disseny responsable amb el clima, si bé des del punt de vista del confort tèrmic. Segons els seus autors, els espais de transició estan adaptats a cada clima per oferir les millors condicions d'acord amb aquest, i per això la forma i configuració arquitectòniques emprades són molt importants. També definits com espais de transició, en el treball de Pitts i Bin Saleh<sup>5</sup> es parla d'aquests espais com: *[...] some of the most important in architectural design terms since they also impact on a wide range of senses and perceptions of human occupants; have an important role in control of circulation; and are often associated with some of the longer lasting impressions that occupants or visitors have of the Building [...]*. Els defineix, també, com espais entre l'interior i l'exterior que actuen com espais amortidors i com connexió física.

Val a dir que la majoria dels treballs publicats sobre aquest tipus d'espais es centren en el confort tèrmic, que és una de les virtuts atribuïbles a aquest tipus d'espais. Així passa en el treball de Chun, citat més amunt. Centrat en la línia de l'estalvi energètic i la flexibilització dels límits del confort tèrmic en aquests espais, el treball de Pitts planteja, en base a la escala de confort de Fanger, una ampliació dels límits de confort que permeti estalvis d'energia en climatització. A banda de l'estalvi energètic previst es destaca que, per aquests tipus d'espais on bàsicament es circula entre dos situacions ambientals diferents, no caldria que els requeriments de confort fossin tan restrictius com a l'interior de l'edifici.

Les conclusions extretes dels diferents treballs pel que fa al confort tèrmic i els espais de transició deixen entreveure que és possible una certa flexibilitat en les condicions ambientals en aquests tipus d'espais, ja que són d'estada curta i existeix una certa inèrcia en l'adaptabilitat tèrmica de l'usuari que permet ampliar-ne els marges de confort. En canvi, quan es tracta de la visió, l'adaptació no és tan ràpida. De fet, l'adaptació visual és un dels temes més importants que el projectista ha d'afrontar quan es tracta del disseny d'il·luminació, segons Hopkinson<sup>6</sup>.

---

<sup>3</sup> Coch Roura, H. La utilitat dels espais inútils. Una aportació a l'avaluació del confort ambiental a l'arquitectura dels espais intermedis

<sup>4</sup> Chungyoon Chun, Alison Kwok, Akihiro Tamura. Thermal comfort in transitional spaces – basic concepts: literature review and trial measurement. *Building and Environment* 39 (2004) 1187-1192

<sup>5</sup> Adrian Pitts, Jasmi Bin Saleh. Potential for energy saving in building transition spaces. *Energy and Buildings* 39 (2007) 815-822

<sup>6</sup> Hopkinson, R.G., Kay, J.D. The lighting of buildings

Tornant al tema de la **llum i la qualitat visual**, és important tractar-ho especialment quan l'observador es troba en moviment, ja que normalment es fa per situacions estàtiques. De fet, existeixen multitud de treballs que tracten el tema del confort lumínic en espais de treball, on la posició i les condicions de l'observador no varien. No obstant, en els espais d'accés això no és així, i es produeix un canvi constant de l'escena que està visualitzant l'observador. D'altra banda, interessa estudiar els atributs de la llum que proporcionen una il·luminació de qualitat. Al llarg dels anys, l'enfoc del disseny de la il·luminació, tant natural com artificial, s'ha anat tractant des d'un punt de vista més aviat quantitatiu, prioritzant el fet de proporcionar suficient llum per veure-hi més que el disseny d'entorns lumínicament equilibrats i confortables.

No obstant, aquesta tendència està derivant a favor de la qualitat de la llum. En aquest sentit és interessant la descripció que fa K. Cuttle<sup>7</sup> sobre la professió d'il·luminar, descrivint una primera època basada en proporcionar el nivell adequat en un pla de treball; una segona època basada en el rendiment visual o visibilitat acurada de tasques visuals; i una tercera, que és on hauríem d'estar ara, basada en la llum que arriba a l'ull per part de les superfícies que conformen l'entorn enlloc de la llum que arriba a les superfícies. Aquesta teoria té els seus pros i contres però el plantejament és interessant perquè posa l'accent en l'aparença de l'espai. En aquesta línia, els estudis de Waldram<sup>8</sup> sobre un disseny d'enllumenat basat en l'aparença de l'espai<sup>9</sup> van ser pioners en aquest camp. En aquest mètode es partia de l'aparença desitjada per tots elements de l'espai pel que fa a la seva brillantor, es comparava amb una escala de luminàncies<sup>10</sup> i es dissenyaven les luminàries en funció de l'aspecte desitjat. De fet, es tractava d'un enfocament difícil d'aplicar en la pràctica, ja que en realitat els valors de contrast no contemplaven les variacions causades per la percepció. A més, la component subjectiva per part dels dissenyadors que van posar en pràctica el mètode es va comprovar que portava a resultats no el tot desitjats. No obstant això, és interessant destacar el paper en la distribució de luminàncies en l'espai com a criteri de disseny.

Referent a la **qualitat de l'enllumenat**, una de les publicacions que ho va començar a tractar, a finals dels anys 60, és el Manual de luminotècnia de Philips<sup>11</sup>. Al primer capítol, anomenat *Cantidad y calidad del alumbrado interior*, feia una descripció dels aspectes a tenir en compte per dissenyar una il·luminació de qualitat. Els aspectes que hi apareixen són els següents:

- Nivell d'il·luminació
- Distribució de luminàncies en el camp visual
- Enlluernament
- Modelat
- Qualitat de color
- Esquema de color

---

<sup>7</sup> Cuttle, C. Towards the third stage of the lighting profession. *Lighting Research and Technology* 42 (2010) 73-93

<sup>8</sup> Waldram J.M. *Studies in interior lighting*. Trans. Illum. Eng. Soc. (London) 1954; 19: 95-133.

<sup>9</sup> Waldram J.M. *Designed appearance lighting*. Chapter 5 In Lynes JA, ed. *Developments in lighting - 1*. London: Applied Science Publishers, 1978.

<sup>10</sup> Hopkinson R.G., Stevens W.R., Waldram J.M. Brightness and contrast in illuminating engineering. *Trans. Illum. Eng. Soc. (London)* 1941; 6: 37-48.

<sup>11</sup> Philips. *Manual de luminotècnia*. Capítol 1: *Cantidad y calidad del alumbrado interior*.

Les dades que ofereix i les conclusions que se n'extreuen es poden trobar en gran nombre de publicacions posteriors, ja que es tracta d'un manual de gran abast que descriu conceptes clars, tot i que alguns d'ells, pel seu caràcter més subjectiu, no han estat estudiats en profunditat.

Més o menys a la mateixa època, Hopkinson<sup>12</sup> planteja que, en avaluar l'enllumenat, cada factor de l'entorn visual requereix una avaluació separada que alguns cops és totalment subjectiva i en altres és part subjectiva i part objectiva. Rarament es planteja una avaluació de l'entorn visual en termes només físics. L'autor fa notar la importància que té la percepció de l'espai per part dels usuaris, i que aquests siguin qui el qualifiquin en base a uns barems que ell proposa. Hopkinson basa aquesta avaluació en una sèrie de punts:

- Quantitat de llum adequada per la tasca
- Distribució de luminàncies en l'espai
- Modelat de l'espai a través la llum
- Avaluació del color de les superfícies
- Existència d'enlluernament
- Reflexions especulars molestes dels punts de llum
- Aparença de les finestres i de les fonts de llum
- Caràcter o impressió general de l'espai
- Apreciació de l'escala i proporció de l'espai
- En el cas de llum artificial, existència de distorsió en la percepció dels colors degut a una mala il·luminació

Veient la llista, és evident que l'autor dóna molta importància a la qualitat de l'ambient que es genera amb la llum a banda que la quantitat sigui l'adequada per la tasca a desenvolupar. En el llistat apareixen termes com caràcter, color, aparencia, que afecten directament la percepció que l'individu té de l'espai, i que també estan esmentats al Manual de luminotècnia de Philips.

També en relació a la part subjectiva de la qualitat de la llum i l'ambient generat, el llibre de William M.C. Lam<sup>13</sup> exposa d'una manera rigorosa la teoria de la qualitat enfront de la quantitat de llum. En aquest llibre, Lam s'endinsa en la psicologia de la percepció relacionada amb els paràmetres visuals, és a dir, com veiem les coses. A més, a les seves pàgines ofereix reflexions sobre el disseny i l'espai en relació als conceptes explicats. En conjunt, ajuda a entendre com funciona el sistema visual humà i quines conseqüències visuals tenen determinades decisions. Moltes de les reflexions referents al tema s'han incorporat al llarg d'aquesta tesi.

També hi ha aportacions referents a la percepció visual de l'espai al llibre de Gibson<sup>14</sup>, on dedica tot un capítol al camp visual i el món visual, a més d'analitzar temes referents a com veiem les coses i els espais. En el llibre també s'aborda el tema del camp visual en moviment, que és el que es produeix en els espais per on es circula; aquí distingeix entre el moviment dels ulls exclusivament i el moviment del cap, on es generen diferents escenes que són percebudes en continuïtat i amb constància. En concret, distingeix diferents tipus de visió en funció de

---

<sup>12</sup> Hopkinson, R.G., Kay, J.D. The lighting of buildings. Capítol 13: The appraisal of lighting.

<sup>13</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

<sup>14</sup> Gibson J. J. La Percepción del mundo visual

l'element que es mou dins la imatge retiniana. Les aportacions d'aquesta publicació suposen una base teòrica per entendre el procés perceptiu que s'explica a la tesi.

Una de les publicacions de referència més actuals en quant a il·luminació, *The Lighting handbook* de IESNA<sup>15</sup>, incorpora en la última edició de 2010 com a novetat respecte edicions anteriors, més pàgines dedicades a la qualitat de l'entorn visual. En el Capítol 10 (*Quality of the Visual Environment*) es detallen les necessitats humanes que tenen a veure d'una manera o altra amb el confort visual, i que porten a la definició d'un llistat de paràmetres lumínics i visuals relacionats amb la satisfacció d'aquestes necessitats. L'abast del treball és molt gran i en ell s'han elaborat unes fitxes diferenciades per diferents usos, de manera molt exhaustiva, on s'exposen els punts més importants a tenir en compte per dissenyar una il·luminació de qualitat en cada tipus d'espai. Cal tenir en compte que aquesta publicació està pensada per dissenyar instal·lacions d'il·luminació artificial, però els conceptes que s'exposen es poden extrapol·lar a la llum natural i les seves conseqüències. Així, és interessant l'èmfasi que es posa en la qualitat dels ambients generats mitjançant la llum, tot i que no s'entri en criteris espacials. Com en els altres casos, s'enumeren els aspectes que influeixen en l'avaluació d'una il·luminació interior, quantitatius i qualitatius, i que són els mateixos que apareixen al manual d'enllumenat de Philips.

Tot el què s'ha dit sobre qualitat visual es pot trobar en nombroses publicacions a més de les esmentades. No obstant, existeixen pocs treballs que tractin aquest tema específicament pels espais de transició. Una de les referències interessants que relaciona la forma de l'espai i la llum, amb un apartat dedicat als espais de transició és el llibre de Lou Michel<sup>16</sup>. En un dels apartats reflexiona sobre la llum i la percepció de les zones de transició, amb aportacions i reflexions que estan presents en molts capítols d'aquesta tesi.

En parlar del confort tèrmic en els espais de transició, s'ha dit que era possible una certa flexibilitat en les condicions de confort ja que es tracta d'espais de pas on s'arrossega una certa inèrcia respecte les condicions prèvies. No obstant, el cas de la visió és diferent, ja que existeix un temps d'adaptació necessari per assolir la visió completa. En aquests casos, el disseny de l'espai juga un paper molt important, ja que filtra, distribueix i modela la llum dins de l'espai. En aquesta línia, s'ha trobat un treball<sup>17</sup> on diferents solucions arquitectòniques com pèrgoles, porxos i gelosies han estat avaluades mitjançant simulació per tal de conèixer la quantitat de llum disponible al llarg del recorregut d'entrada i com és el salt que es produeix entre els valors. El què és interessant d'aquesta aproximació són les estratègies estudiades per millorar el confort visual en el recorregut d'accés a l'edifici, que relacionen directament cada disseny amb la seva resposta visual amb l'objectiu de trobar les solucions més idònies. L'estudi conclou que les solucions més complexes espacialment, amb filtres i espais intermedis, donen més bons resultats que les transicions immediates ja que el pas es produeix en més temps i permet anar reduint o augmentant paulatinament els valors de luminància l'exterior a l'interior o viceversa.

---

<sup>15</sup> Rea, M.S. The IESNA lighting handbook: reference & application. 9<sup>th</sup> edition.

<sup>16</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light

<sup>17</sup> Mohamad T. Araj, Mohamed Boubekri, Nader V. Chalfoun. An Examination of Visual Comfort in Transitional Spaces. Architectural Science Review Volume 50.4 pp.349-356

En un altre treball sobre el confort visual en els espais de transició<sup>18</sup>, es valora que dins el propi espai sigui possible una visió tridimensional que permeti reproduir l'entorn adequadament, detectar obstacles i llegir les senyalitzacions. En aquest treball es proposa l'avaluació mitjançant un paràmetre, el *modelling factor (MF)* o índex de modelat. Aquest paràmetre, explicat més endavant, indica la relació entre les diferents direccions de la il·luminació que permetin una reproducció tridimensional adaptada a l'entorn. En el treball es conclou que aquest paràmetre és una eina adequada perquè integra factors rellevants en aquests tipus d'espais, com:

- Les propietats òptiques dels materials que composen l'espai
- La ubicació geogràfica de l'edifici i la seva orientació
- La distància i el temps necessaris per recórrer l'espai
- La influència de l'entorn construït
- Les hores d'ús de l'edifici
- El tipus predominant de cel

Aquests factors són importants i s'han inclòs en el cos de la tesi. En conseqüència, s'ha donat especial atenció a la necessitat de crear dissenys que tinguin en compte les característiques lumíniques del clima per trobar el disseny més adient. I per això és necessari posar èmfasi en la forma i orientació de l'edifici, els materials emprats, el tipus d'entorn, i altres paràmetres.

Particularment, en climes com el mediterrani on es dona un gradient important entre les condicions lumíniques de l'interior i l'exterior dels edificis, les solucions tradicionals estan adaptades a aquesta casuística. Per exemple, en el disseny dels tancaments com la persiana mediterrània<sup>19</sup> o les gelosies de façana dels països islàmics<sup>20</sup>, les dues solucions responen al mateix concepte: reducció de la quantitat de llum a l'interior de l'edifici mitjançant una òptima distribució de la llum, ja sigui situant-la fora del camp visual, o reduint el contrast de luminàncies en la visió a l'exterior. El mesurament del contrast espacial amb aquests mecanismes ha estat estudiat recentment en un treball<sup>21</sup> on s'aplica un índex anomenat *spatial brightness* que ofereix una orientació del nivell de distribució de la luminància. En els casos esmentats es tracta d'exemples de disseny de la pell de l'edifici adaptades al clima mediterrani. Amb els espais d'accés s'haurà de fer el mateix i buscar solucions també adaptades al clima.

*Hem vist que, si bé els temes que es tracten en aquesta tesi compten amb estudis i publicacions de manera aïllada, difícilment es troben treballs que integrin tots els conceptes de manera més o menys exhaustiva. En aquest sentit, el tema proposat a la tesi suposa una innovació.*

---

<sup>18</sup> Cecilia Marta Lasagno, Andrea Elvira Pattini, Roberto Germán Rodríguez, Elisa Margarita Colombo. Developing a modelling factor index for transition spaces: a case study approach. *Architectural Science Review* 54 (2011) 215-224

<sup>19</sup> Coch H., Serra R., Isalgué A. The Mediterranean Blind: Less Light, Better Vision. *Renewable Energy* 15 (1998) 431-436

<sup>20</sup> Ruggiero F., Serra R., Dimundo A. Re-interpretation of traditional architecture for visual comfort. *Building and Environment* 44 (2009) 1886-1891

<sup>21</sup> Rockcastle S., Andersen M. Measuring the Dynamics of contrast & daylight variability in architecture: a proof-of-concept methodology. *Building and Environment* 81 (2014) 320-333

## Metodologia i estructura del treball

El gruix de la tesi gira entorn dels espais d'accés a l'arquitectura en relació a la llum i la visió a l'entorn mediterrani. Per poder elaborar el treball s'han consultat diferents fonts bibliogràfiques on els temes de la tesi fossin tractats total o parcialment, i a partir de la informació rebuda s'ha estructurat el treball. Per validar les hipòtesis que es van definir en un principi es van realitzar comprovacions empíriques a través d'un treball de camp consistent en mesuraments de llum exteriors i interiors, així com un treball experimental amb observadors per comprovar la relació del color amb la percepció de lluminositat en un espai. El resultat és un treball estructurat en tres blocs que aborden les principals temàtiques:

- **Part I:** Llum i visió a l'entorn mediterrani
- **Part II:** L'accés a l'arquitectura
- **Part III:** Qualitat visual dels espais de transició

A la **Part I** es tracten principalment dos temes: el procés de la visió i la llum a l'entorn mediterrani. El **Capítol 1** inclou aspectes teòrics referits a la llum, el color, el procés de la visió i la percepció visual. El contingut d'aquest capítol s'ha obtingut de fonts bibliogràfiques especialitzades. Com a aportació personal, dins l'apartat de visió es fa una interpretació del camp visual d'una persona en moviment a partir del d'una persona en situació estàtica. Els conceptes esmentats en aquest capítol serveixen per entendre els mecanismes que intervenen en la visió d'un espai i són aplicats en capítols successius.

En el **Capítol 2** es defineix l'entorn visual urbà mediterrani. En primer lloc es fa una acotació geogràfica obtinguda a partir de fonts bibliogràfiques. A continuació es fa una definició tipològica de l'escena visual d'un entorn urbà i les característiques de les seves parts, aportació feta a partir de l'observació i anàlisi de l'entorn. Al tercer punt s'analitza com és la llum mediterrània quantificant-la i posant els valors en les diferents zones de l'escena visual urbana. El treball en aquest últim punt ha estat majoritàriament experimental, ja que a banda de les dades obtingudes en bibliografia, s'han realitzat mesuraments i fotografies en entorns reals i s'han analitzat per obtenir les característiques lumíniques d'aquest entorn. Els detalls sobre com s'han obtingut aquestes dades i el procés d'elaboració es troben descrits a l'**Annex I** al final de la tesi. Arrel dels mesuraments en entorns reals s'ha afegit un **Annex II** amb els mesuraments fets a l'interior dels vestíbuls dels entorns estudiats.

La **Part II** consisteix en la definició i anàlisi de l'accés a l'arquitectura. Aquest bloc comença amb una referència al recorregut d'accés als edificis a través de la seva anàlisi i alguns exemples, que es troben al **Capítol 3**. La informació d'aquest capítol s'ha obtingut a través de la recerca i observació d'espais d'accés en diferents tipus d'edificis.

A continuació, al **Capítol 4** ens preguntem què són els espais de transició. Aquí es fa una definició basada en dades bibliogràfiques que es completa amb les funcions que tenen aquests espais. Posteriorment, s'estableixen les necessitats visuals que tenen els usuaris dels espais d'accés. La informació d'aquest capítol s'ha confeccionat a partir de recerca bibliogràfica i de l'observació d'aquests espais.



Al **Capítol 5** es dóna una visió dels espais d'accés als edificis segons les diferents funcions que poden tenir. A través de l'anàlisi d'edificis existents s'han establert algunes de les funcions addicionals possibles, i que són la domesticitat, la monumentalitat, el control del pas, la continuïtat de l'espai, la multi funcionalitat o la funcionalitat subordinada. Aquesta és una aportació de l'autora a la interpretació dels espais d'entrada des d'un punt de vista que va més enllà del de proporcionar accés.

Davant la multiplicitat de formes que poden tenir, al **Capítol 6** s'ha realitzat una anàlisi dels espais d'accés des del punt de vista formal, consistent en desgranar els trets més importants pel que fa al disseny de l'espai i la llum. L'anàlisi formal i la classificació dels espais és una proposta de l'autora de la tesi.

Per acabar aquesta segona part, al **Capítol 7** s'ha buscat quins són els trets característics dels espais de transició a l'àmbit mediterrani a partir de l'observació de l'arquitectura existent en aquest entorn.

Posant en comú el què s'ha dit a les dues parts anteriors, la **Part III** entra de ple en la qualitat visual dels espais de transició i la seva relació amb les característiques de disseny de l'espai. En primer lloc, es defineixen els aspectes que intervenen en la qualitat visual d'aquests espais, i per això, al **Capítol 8** es fa un repàs exhaustiu dels definidors principals. A partir de la recerca en fonts bibliogràfiques, s'ha pogut llistar un nombre de paràmetres específics i genèrics, relacionats amb l'espai, el temps i la direccionalitat de l'estímul, a més d'altres aspectes referents a l'esquema de color, la relació visual amb l'exterior, l'atmosfera creada i els factors de l'usuari. En aquesta línia, s'ha fet un treball experimental per determinar la relació del color de l'espai amb la percepció de la llum, utilitzant l'experiència d'usuaris davant diferents escenaris lumínics en espais de color. El treball es troba descrit en l'**Annex III** al final de la tesi. Al final del capítol es fa una síntesi del què s'ha dit per desgranar-ne els aspectes més importants.

Al final d'aquesta part, al **Capítol 9**, es posen en comú els aspectes formals dels espais de transició amb els definidors del capítol anterior per veure quina repercussió tenen les decisions de disseny en la qualitat visual de l'espai. En primer lloc, es fa un repàs general dels conceptes que relacionen el disseny i la qualitat visual de l'espai. En segon lloc, s'analitzen els aspectes de disseny en relació amb l'adaptació visual per veure quina influència poden arribar a tenir. El capítol acaba amb una síntesi sobre tot el què s'ha dit i amb unes recomanacions finals enfocades a l'elecció d'estratègies de disseny adequades per la finalitat encomanada. La relació entre els aspectes de disseny i la qualitat visual són aportació de l'autora a partir de la informació recopilada dels capítols anteriors i fonts bibliogràfiques.

La tesi finalitza amb les conclusions extretes de la recerca, junt amb els llistats de figures i taules, la bibliografia i els tres annexes esmentats als paràgrafs anteriors.



## PART I – LLUM I VISIÓ A L'ENTORN MEDITERRANI

*Com és l'entorn que ens envolta i com funciona el procés de la visió? En el cas d'un entorn mediterrani, quines condicions lumíniques es donen? Quins aspectes modifiquen les escenes visuals en aquest entorn?*



## Cap. 1 El procés de la visió: què i com hi veiem

La vista és, dels cinc sentits, el que ens ofereix més informació del món que ens envolta. La finalitat de disposar d'un sistema visual com el que tenim és percebre el nostre entorn i rebre'n la informació necessària per la pròpia supervivència. El conjunt d'imatges que es generen en aquest procés possibilita el coneixement i la interacció amb l'entorn. En concret, un ésser humà amb visió normal té capacitat per veure imatges tridimensionals amb una gran varietat de colors, distingir la mida i la distància dels objectes i percebre canvis de llum o moviment. Aquest fet tan assimilat és fruit d'un complex procés on intervenen la llum, l'òrgan de la visió i el cervell, així com l'aprenentatge des d'una edat molt primerenca.

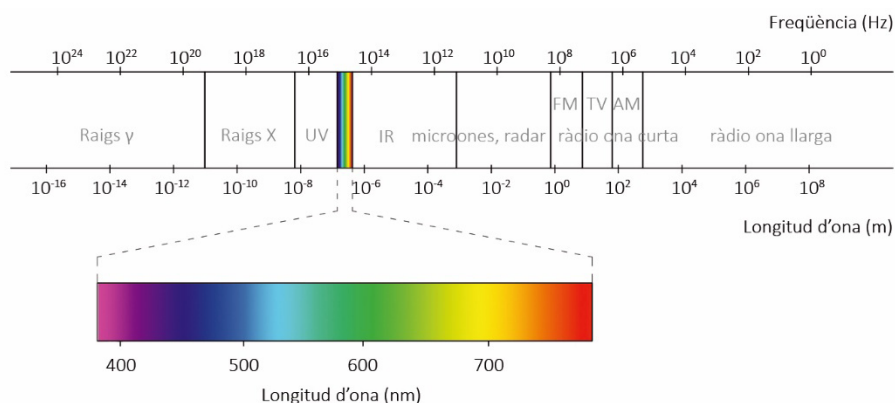
Per poder veure, s'han de donar dues circumstàncies: hi ha d'haver un **emissor** i un **receptor**. L'emissor és el món que ens envolta, un espai format per objectes, la visió dels quals no seria possible si no hi hagués llum, ja que el què veiem és la llum que reflecteixen les seves superfícies. D'altra banda és necessari un receptor, que en el cas dels humans és el conjunt format per l'ull i el cervell. Els mecanismes que es produeixen a l'ull a través de la visió generen uns impulsos al cervell que es tradueixen en imatges, però que no tindrien cap significat si no els sabéssim interpretar com objectes ni sabéssim interpretar les relacions que s'estableixen entre ells. Aquest coneixement és fruit de l'aprenentatge, i la conseqüència s'anomena percepció. En el primer capítol d'aquesta part ens centrarem en el fenomen físic i fisiològic de la visió (llum, color, visió i percepció) i en el següent estudiarem l'entorn físic centrat en l'àmbit mediterrani i la seva llum.

*En resum, en el procés de la visió, el QUÈ és el món que ens envolta i els seus elements, i el COM s'explica a través de la llum, el color, la visió i la percepció visual.*

### 1.1. La llum

Durant molts anys, la naturalesa de la llum va ser un tema desconegut que va despertar un gran interès entre científics i intel·lectuals de diferents èpoques. Des de les primitives explicacions metafísiques fins a les teories de Newton i Huygens al segle XVII, el seu origen i naturalesa havien estat un misteri. Les primeres teories científiques que van aparèixer es dividien en dos corrents: les que consideraven la llum com una corrent de partícules i les que la consideraven un tipus d'ona. No obstant, els descobriments de Planck i Einstein en el camp de les radiacions electromagnètiques a començaments del segle XX van poder explicar el fenomen de la llum, entenent-lo com a radiació i partícula alhora.

Avui dia es pot afirmar que la llum és un tipus d'energia que es propaga per radiació. En termes físics, és una ona electromagnètica amb longitud d'ona entre 380 i 780 nm que es desplaça en línia recta a una velocitat de 300000 km/s. En termes fisiològics, la llum és la part visible de l'espectre de radiació, compresa en una franja molt petita en comparació amb el total. Com es mostra a la figura 3, per sobre dels 780 nm hi ha les ones infraroges, les microones, les ones de radar, televisió i radio, i altres ones amb kilòmetres de longitud. Per sota dels 380 nm hi trobem l'ultraviolat, els Raigs X i els Raigs γ, ones infinitament curtes.



**Figura 3:** espectre de radiació electromagnètica

La llum, per la seva qualitat de radiació electromagnètica, es mesura en unitats energètiques. La fotometria estudia els paràmetres físics que la regeixen, similars als de la radiació. Aquests es divideixen entre els relatius a la font o al receptor. Una font de llum es caracteritza pel flux que emet i la intensitat per angle sòlid en una direcció, definits d'aquesta manera:

- Flux radiant  $\varphi$ : és la quantitat d'energia radiant mitja ( $d\varepsilon$ ) per unitat de temps ( $dt$ ). La unitat de mesura és el lumen (lm):

$$\varphi = \frac{d\varepsilon}{dt}$$

- Intensitat  $I$ : és la quantitat de flux radiant mig ( $\varphi$ ) emès per unitat d'angle sòlid ( $\Omega$ ) en una direcció determinada. La unitat de mesura és la candela ( $cd=lm/str$ ):

$$I = \frac{\varphi}{\Omega}$$

Des del punt de vista del receptor, els paràmetres són la llum que arriba a un punt i la intensitat que emet per unitat de superfície:

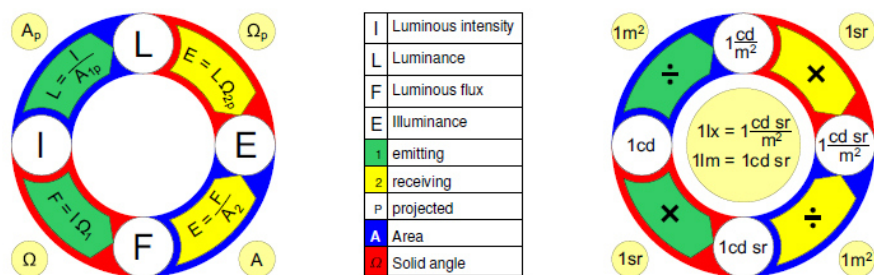
- Il·luminància  $E$ : és el flux radiant ( $\varphi$ ) que arriba a una superfície ( $S$ ). La unitat de mesura és el lux ( $lx=lm/m^2$ ):

$$E = \varphi/S$$

- Luminància  $L$ : és la intensitat de llum ( $I$ ) emesa per unitat de superfície aparent ( $S_{ap}$ ) en una direcció concreta  $\theta$ . La unitat de mesura és la candela per metre quadrat ( $cd/m^2=W/str\ m^2$ ). La superfície aparent és la projecció sobre un pla perpendicular a la direcció considerada:

$$L = \frac{I}{S_{ap}}$$

Entre els quatre paràmetres anteriors existeix una relació geomètrica en la qual intervenen la superfície i l'angle sòlid (figura 4).



**Figura 4:** relacions fotomètriques entre els paràmetres i unitats de mesura de la llum<sup>22</sup>

Les relacions fonamentals entre unitats radiant que cal conèixer per l'avaluació dels fenòmens lumínics són:

- Llei de la inversa dels quadrats: el nivell d'il·luminació o il·luminància en un punt d'un pla ortogonal a la línia que uneix el punt i la font és directament proporcional a la intensitat lluminosa de la font en la direcció del punt i inversament proporcional al quadrat de la distància que els separa  $E = I/d^2$ . És a dir, que la il·luminància disminueix amb la distància, no d'una forma lineal sinó exponencial.
- Llei del cosinus: és conseqüència de l'anterior i ens diu que el nivell d'il·luminació o il·luminància sobre el pla horitzontal en un punt és proporcional al cosinus de l'angle d'incidència  $E_h = I_h \cos \alpha / d^2$ . A la pràctica, per calcular la il·luminància en un punt situat en un pla horitzontal, hem de conèixer l'angle d'incidència d'aquesta llum respecte la vertical i la intensitat de la font en aquesta direcció. Si l'angle és gran, el cosinus és petit i la il·luminància és menor. És el corresponent a una llum rasant. Si pel contrari l'angle és petit, el seu cosinus és gran i la il·luminància també. És el corresponent a una llum amb una incidència molt directa.
- Llei de Lambert: en una superfície que emet radiació, en general es pot considerar que les intensitats segueixen aquesta llei, segons la qual  $I_\alpha = I \cos \alpha$ , on  $I$  és la intensitat en la direcció perpendicular a la superfície. A partir d'aquí, calculant la luminància en un angle determinat, s'extreu que la luminància d'una superfície emissora és constant en totes direccions.

Un altre aspecte important referent a la llum és el seu comportament davant els obstacles. Els fenòmens ambientals com les radiacions electromagnètiques adopten diferents comportaments en presència d'obstacles. Els seus efectes són la difracció, reflexió, absorció i transmissió.

Pel que fa a la llum i la visió dels objectes, el més important és la reflexió, diferent segons el material d'acabat. En aquest sentit hi ha dos aspectes importants, un és la quantitat d'energia que es reflecteix i l'altre la manera com ho fa. La capacitat de reflexió de les superfícies es mesura mitjançant la reflectància ( $r$ ), que és la relació entre el flux que incideix en una superfície i el que es reflecteix. Quant més reflectant és un material, més gran és aquest coeficient, i major quantitat d'energia reflecteix. Aquest atribut té a veure amb el color, com veurem més endavant. A banda de la reflectància, existeix un altre aspecte geomètric que fa

<sup>22</sup> Extret de: Jacobs, A. SynthLight Handbook. Chapter 1: Fundamentals

referència a l'acabat superficial del material. Segons això, la reflexió pot ser: especular, difusa o dispersa. Un material amb reflexió especular reflecteix en una única direcció, com un mirall. Amb reflexió difusa, la superfície emet igual en totes direccions, com passa amb els materials d'acabat mat. I si es tracta d'una combinació dels dos anteriors parlem de reflexió dispersa. En el cas d'un material que rep radiació i la reflecteix segons la Llei de Lambert, és a dir, de manera difusa, la luminància és constant sigui quin sigui l'angle d'observació i tindrà com a valor  $L = E \cdot r / \pi$ . Aquest comportament el tenen la majoria de materials de construcció que s'apliquen de manera manual, o bé els que tenen un aspecte natural, com pastes, fustes, pedra sense polir, etc.

*La llum és el fenomen físic que ens permet veure el nostre entorn a través de superfícies que reben llum i l'emeten amb diferents intensitats i longituds d'ona; sense llum no existiria el món tal com el veiem.*

## 1.2. El color

En seu llibre *El arte del color*, Johannes Itten diu: “[...] *El color es la vida, pues un mundo sin colores parece muerto. Los colores son las ideas originales, los hijos de la luz y de la sombra, ambas incoloras en el principio del mundo. Si la llama engendra la luz, la luz engendra los colores. Los colores provienen de la luz y la luz es la madre de los colores. La luz, fenómeno fundamental del mundo, nos revela a través de los colores el alma viva de este mundo. [...]*”<sup>23</sup>. Aquest fragment de Johannes Itten conté entre les seves paraules el veritable origen del color, la llum. De fet, l'experiment dut a terme per Newton l'any 1676 en el qual feia passar un raig de llum per un prisma triangular mostra la descomposició de la llum en l'espectre de colors, posant de relleu que la llum blanca conté tots els colors primaris.

Dit d'una manera científica, el color és un aspecte de la visió descrit com la resposta psicofísica dels impulsos neuronals transmesos de l'ull al cervell quan és estimulat per l'energia radiant visible, la llum. En altres paraules, el color és un concepte derivat de la interacció de la font de llum, l'objecte, l'ull i el cervell. L'estudi del color abasta tres ciències: física, fisiologia i psicologia. També hi ha altres disciplines que estudien el color com la química (pel que fa a l'estructura molecular dels pigments) i l'art (en referència als aspectes estètics del color), però ens centrarem en les tres primeres.

Des del punt de vista físic, el color és la conseqüència de la interacció entre les propietats reflectants dels materials i la naturalesa de la llum incident, que es tradueix en diferents longituds d'ona dins l'espectre visible de radiació electromagnètica (380-780 nm). Les longituds d'ona corresponents a cada color són<sup>24</sup>:

- 380 – 450 nm: violeta
- 450 – 490 nm: blau

---

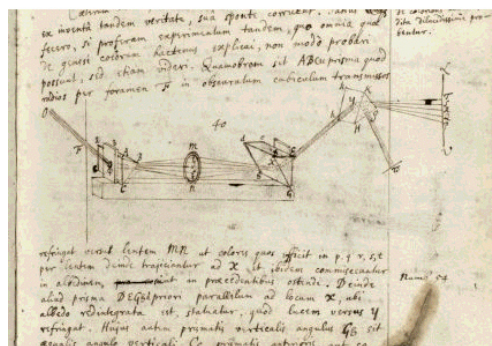
<sup>23</sup> Itten J. *The Elements of color: a treatise on the color system of Johannes Itten based on his book The art of color*, p.8

<sup>24</sup> Birch J. *Diagnosis of Defective Colour Vision*



- 490 – 560 nm: verd
- 560 – 590 nm: groc
- 590 – 630 nm: taronja
- 630 – 780 nm: vermell

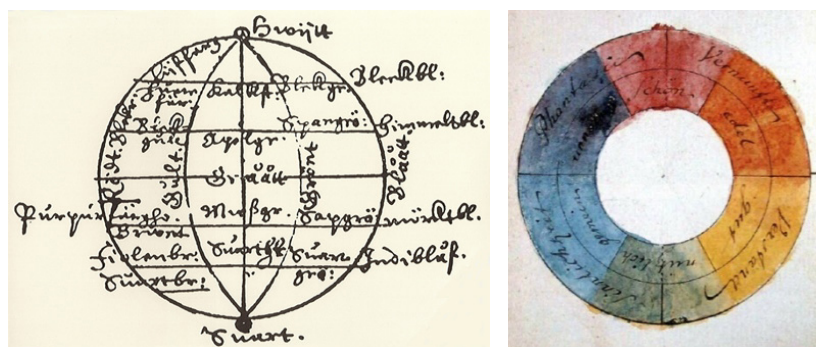
Des del punt de vista fisiològic, el color és estudiat pels efectes que produeix juntament amb la llum en el sistema visual. Segons aquesta ciència, la visió del color depèn de la longitud d'ona degut a la sensibilitat selectiva del sistema visual humà, com veurem més extensament al següent punt referent a la visió del color. Per últim, des del punt de vista psicològic, aquesta disciplina estudia els efectes del color associats a la seva influència en la ment i l'esperit de l'observador. Són temes importants el seu ús i significat lligats a la cultura, educació i fins i tot a l'edat de l'observador. Aquests aspectes els veurem relacionats amb els espais de transició al Capítol 8.



**Figura 5:** diagrama explicatiu de la dispersió de la llum. Isaac Newton, *Optica*

De manera semblant a la naturalesa de la llum, el color és un tema que va portar de cap científics i filòsofs durant segles. Després de moltes teories, al segle XVII Newton va arribar a la definició acceptada avui dia, i és que la llum és color. Ho va fer a través d'un experiment que s'ha esmentat breument a l'inici d'aquest punt, consistent en fer passar un raig de llum per un prisma i veure que la llum blanca es descomponia en els sis colors de l'espectre (figura 5). També va adonar-se que succeïa el mateix en sentit invers, ja que els colors formaven llum blanca en tornar a passar pel prisma. A partir d'aquest descobriment, i un cop conegut l'origen del color, la recerca es va centrar en sistematitzar un mètode objectiu per classificar els colors.

Sobre aquest tema, existeix una gran quantitat d'obres escrites principalment durant els segles XIX i XX, que és quan es van dur a terme els avenços més importants. No obstant, alguns segles abans destacats personatges ja havien teoritzat sobre la naturalesa del color, com Leonardo da Vinci i Leon Battista Alberti. La primera fita important es va produir el primer cop que va aparèixer un sistema de colors situats sobre una esfera, l'any 1611 al llibre *Physica* d'Aron Sigfrid Forsius. Però el veritable punt d'inflexió va ser a l'inici del segle XIX, quan apareixen publicats de manera continuada els primers sistemes de color. L'any 1810 es publica *Zur Farbenlehre* (Teoria dels colors) de Goethe i el mateix any, el pintor Philipp Otto Runge publica *Farbkugel*, exposant el seu propi sistema de colors. També el 1810, el filòsof Arthur Schopenhauer publica un assaig anomenat *Über das Sehen und die Farben* (Sobre la visió i els colors). L'any 1839, el químic Michel Eugène Chevreul publica *De la loi du Contraste Simultané des Couleurs et de l'Assortiment des Objets Coloris*. Aquests tractats esdevingueren la base de la fundació de l'Impressionisme i el Neoimpressionisme.



**Figura 6:** representació dels colors segons Forsius i Goethe



**Figura 7:** representació dels colors segons Runge i Chevreul

Posteriorment, l'any 1867, el físic Hermann von Helmholtz reprèn la teoria tricromàtica de Thomas Young postulada mig segle abans, segons la qual la percepció d'un color és fruit de la barreja de tres colors o estímuls bàsics. El 1878, el fisiòleg Ewald Hering publica la seva teoria tetracromàtica a l'assaig *Das natürliche System der Farbempfindungen* (The Natural Color System) en contraposició a la teoria tricromàtica de Young- Helmholtz, tot i que les dues teories eren compatibles.

En relació a la classificació del color, von Helmholtz exposa la teoria dels tres principis del color: to, saturació i brillantor (*hue, saturation and brightness*), però un dels avenços més importants es produeix quan Günter Wyszecki, l'any 1960 publica el llibre *Fabersysteme* (Sistemes de colors), on ordenava els principals sistemes en tres grups:

- Sistemes basats en barreges additives: llum de color
- Sistemes basats en barreges subtractives: objectes de color
- Sistemes amb divisions basades en la percepció.

Les barreges additives es refereixen a l'obtenció d'una llum de color a partir de la suma de llums d'altres colors. Com hem vist en descriure l'experiment de Newton, la suma dels colors de l'espectre dona com a resultat el blanc. Partint d'aquesta tesi, Thomas Young va continuar investigant sobre les qualitats cromàtiques de la llum i va realitzar un experiment amb el que va descobrir que per formar els sis colors de l'espectre només en calien tres, igualment que per formar llum blanca. Aquests colors s'anomenen primaris, i són: blau, verd i vermell. De la seva combinació en resulten els colors additius secundaris: cian, magenta i groc. De la mateixa manera que una llum amb tots aquests colors es converteix en una llum blanca, l'absència de tots ells es converteix en el color negre.

Però els sistemes de classificació més utilitzats o atlas de color es basen en l'aparença o percepció del color. Aquests tenen en comú la definició d'un nombre de colors segons tres paràmetres, que són: la **tonalitat**, la **saturació** i la **brillantor**, que són paràmetres intrínsecs del color. La denominació exacta pot variar d'uns sistemes a altres, i és diferent segons es tracti de color de llum o de pigment. Quan parlem de color de pigment els paràmetres s'anomenen tonalitat, valor i *chroma* (*hue, value, chroma*). Si es tracta de llum de color en diem: matís, brillantor i saturació (*hue, brightness, saturation*). La tonalitat o matís defineix el color bàsic (vermell, groc, verd, blau, morat). El valor o brillantor és la sensació subjectiva de reflectància referida a un color, l'aparença clara o fosca d'un color relativa al camp que l'envolta. El chroma o saturació és la intensitat d'una tonalitat, el grau de coloració definit generalment per la fracció de radiació blanca continguda en el color, la quantitat de gris. La denominació exacta d'aquests tres paràmetres pot variar segons els autors, però el concepte és sempre el mateix.

The figure displays three circular color charts used for color management and calibration:

- Munsell Color Services Lab:** A circular chart with 24 color patches arranged in a ring. The patches are labeled with Munsell color notation (hue, value, chroma) such as 5Y, 10YR, 5R, 10R, 5RP, 10P, 5B, 10B, 5G, 10G, 5GY, and 10GY. The chart is divided into four quadrants by a vertical and a horizontal line.
- NCS Color System:** A circular chart with 24 color patches arranged in a ring. The patches are labeled with NCS color notation (hue, saturation, brightness) such as Y, YR, R, RB, B, BG, G, and GR. The chart is divided into four quadrants by a vertical and a horizontal line.
- Pantone Color System:** A circular chart with 24 color patches arranged in a ring. The patches are labeled with Pantone color notation (Pantone Matching System) such as 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, and 24. The chart is divided into four quadrants by a vertical and a horizontal line.

Combinant els paràmetres esmentats, tonalitat, saturació i brillantor, es poden generar diferents contrastos de color. Un dels llibres que tracta extensament sobre el contrast aplicat a l'art és *The art of color* de Itten. En el llibre defineix set tipus de contrast: de tonalitat, fosc-clar, fred-càlid, complementari, simultani, de saturació i d'extensió. Com que fan referència a

LA LLUM MEDITERRÀNIA I ELS ESPAIS D'ACCÉS A L'ARQUITECTURA

aspecte de la percepció del color, es tracten més en detall al punt 1.4 sobre la percepció visual referida al color. No obstant, el cercle de color de la figura 9 que defineix al seu llibre i que mostra els colors primaris i secundaris, és una eina senzilla per identificar tonalitats i complementarietats entre els colors, molt utilitzada però igualment discutida.

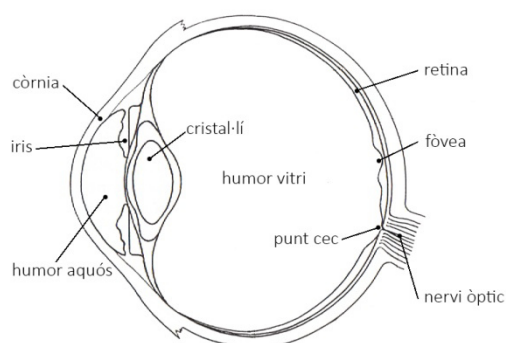


**Figura 9:** taula 3 extreta del *El arte del Color*, J. Itten representant el cercle de 12 colors amb els colors primaris i secundaris

*El color està absolutament relacionat amb la llum i determina l'aspecte de tot el que ens envolta. Ens permet distingir objectes i superfícies i desperta la nostra sensibilitat i percepció.*

### 1.3. La visió

La llum i els colors provinents de l'entorn ens arriben a través del sentit de la vista. La vista és el sentit que ens aporta la informació més immediata de l'entorn, i funciona mitjançant el seu òrgan principal, l'ull, a través del procés de la visió. L'ull humà és un òrgan molt sofisticat, que s'estimula amb un rang d'energia concret causant de la llum i el color, i transmet els impulsos generats al cervell. Consta de diferents parts, cadascuna amb la seva funció (figura 10).



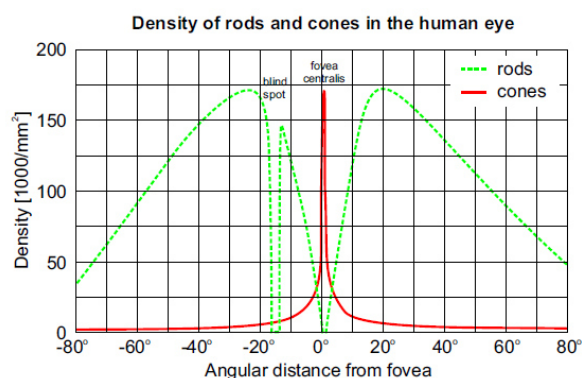
**Figura 10:** representació de les principals parts de l'ull humà<sup>26</sup>

Les parts amb una funció directa per la visió són varies. L'iris regula l'entrada de llum modificant la dimensió de la pupila. El cristal·lí és una lent flexible que canvia de curvatura per proporcionar l'enfoc adequat a diferents distàncies. La retina és la part sensible de l'ull, recobreix tot l'interior del globus ocular i conté les cèl·lules que reaccionen en presència de

<sup>26</sup> Dibuix realitzat a partir de la Figura 13 de : Kowaliski P. Vision et mesure de la couleur

llum, els cons i els bastons. La informació rebuda pels cons i bastons es transmet al cervell a través del nervi òptic, que n'interpreta la senyal. El punt on el nervi òptic entra en contacte amb la retina no conté cèl·lules sensibles a la llum, s'anomena punt cec. En canvi, la fòvea és el punt de la retina on hi ha més concentració de cons i que proporciona major agudes visual.

Com hem dit, les cèl·lules sensibles a la llum són els cons i els bastons. Els cons són responsables de la visió del color, i funcionen en condicions elevades d'energia ( $10^{-5}$  cd/m<sup>2</sup>). En aquestes condicions parlem de visió fotòpica. Quan les condicions energètiques són més baixes ( $10^{-6}$ - $10^{-3}$  cd/m<sup>2</sup>), la visió s'anomena escotòpica, i les cèl·lules encarregades de la visió són els bastons. Aquestes cèl·lules són capaces de funcionar amb molt poca energia, i per això és possible veure-hi en la foscor, però perdent detall. Si la situació és intermèdia, la visió s'anomena mesòpica i el funcionament de cons i bastons és mixta. La retina compta amb uns 7 milions de cons i la major concentració es troba prop de la fòvea, en un petit angle de 5° al voltant d'aquest punt; una mínima part es troba repartida a la resta de la retina. Els bastons, en canvi, són molt més nombrosos, prop de 120 milions, i no estan presents a la fòvea sinó a una zona perifèrica. La major part es troba en una zona al voltant de 20° apartada de la fòvea i disminueix en concentració en allunyar-se d'aquesta zona<sup>27</sup>.



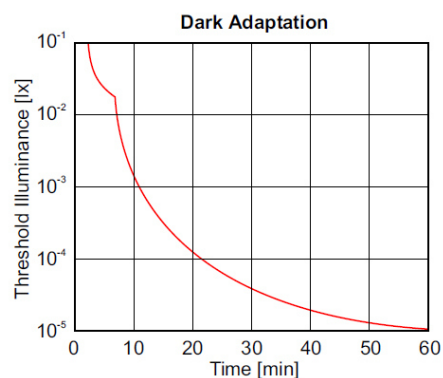
**Figura 11:** gràfica amb densitat de cons (*cones*) i bastons (*rods*) a la retina<sup>28</sup>

Hem vist que, funcionalment, la visió fotòpica i escotòpica ofereixen prestacions diferents. El funcionament dels cons i els bastons fa particular la visió en condicions de molta i poca llum, respectivament. En primer lloc, l'adaptació temporal a la claror i la foscor és diferent. El llinar de visió depèn d'un procés dut a terme a la retina anomenat adaptació, que és més ràpid en un sentit que en un altre. El pas d'una situació de poca a molta energia (foscor a claror) és relativament ràpid. En canvi, per passar d'espais molt clars a espais molt foscos, la retina necessita un cert temps per poder veure-hi adequadament. D'aquesta manera, el llinar mínim de visió va baixant a mida que ens anem adaptant a la foscor. No obstant, quan més gran sigui la intensitat de la llum en l'estadi previ, més lenta és l'adaptació. En visió fotòpica l'adaptació dels cons es produeix entre 3 i 7 minuts, com es veu a la figura 12. A partir d'aquest moment s'inicia l'adaptació dels bastons, que és més lenta, arribant a ser necessaris uns 40 minuts per completar-se. En espais que comuniquen exteriors molt clars amb interiors molt més foscos,

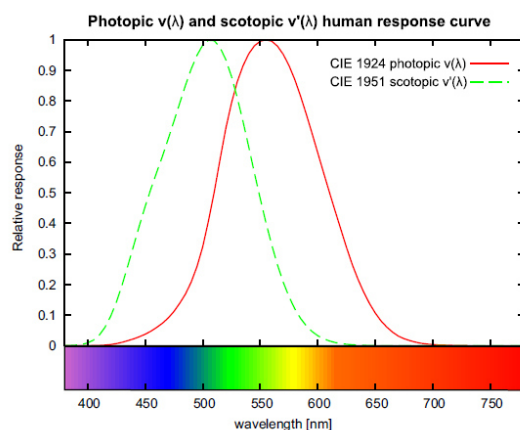
<sup>27</sup> Blanca Giménez V., Aguilar Rico M. Iluminación y color

<sup>28</sup> Extret de: Jacobs, A. SynchLight Handbook. Chapter 1: Fundamentals

tenir en compte l'adaptació a les diferents condicions lumíniques és la base d'una bona visió i hi anirem incidint reiteradament.



**Figura 12:** corba d'adaptació a la foscor<sup>29</sup>



**Figura 13:** corbes de sensibilitat de l'ull humà: visió fotòpica  $V(\lambda)$  i escotòpica  $V'(\lambda)$ <sup>30</sup>

Un altre aspecte que diferencia la visió fotòpica de l'escotòpica és l'agudesa visual. L'ull humà compta amb mecanismes que permeten l'acomodació a la distància a través dels músculs ciliars que alteren la curvatura del cristal·lí, i modifiquen la refracció de la llum a l'interior de l'ull i l'enfoc de les imatges. Aquest mecanisme i l'obertura de la pupila modifiquen l'agudesa visual, major amb visió fotòpica que escotòpica. Els cons ofereixen un gran nivell de detall gràcies a la seva concentració a la zona al voltant de la fòvea, facilitant la distinció de colors i detalls en visió tricromàtica normal. Els bastons, en canvi, tenen molt bon rendiment per captar llum, però en detriment del detall i distinció de colors, produint visió acromàtica. La seva concentració al voltant de la fòvea fa que, en visió escotòpica, el major nivell de detall es trobi una mica apartat de l'eix de visió.

Una altra diferència entre els cons i els bastons és la sensibilitat al color, que també varia depenent de la longitud d'ona de la llum. Les corbes de visió fotòpica  $V(\lambda)$  i escotòpica  $V'(\lambda)$  de la figura 13 relacionen la sensació lluminosa (resposta relativa del fotorreceptor) amb l'energia incident que l'ha provocat. En visió fotòpica, la major sensibilitat es produeix en longituds d'ona

<sup>29</sup> Extret de: Jacobs, A. SynthLight Handbook. Chapter 1: Fundamentals

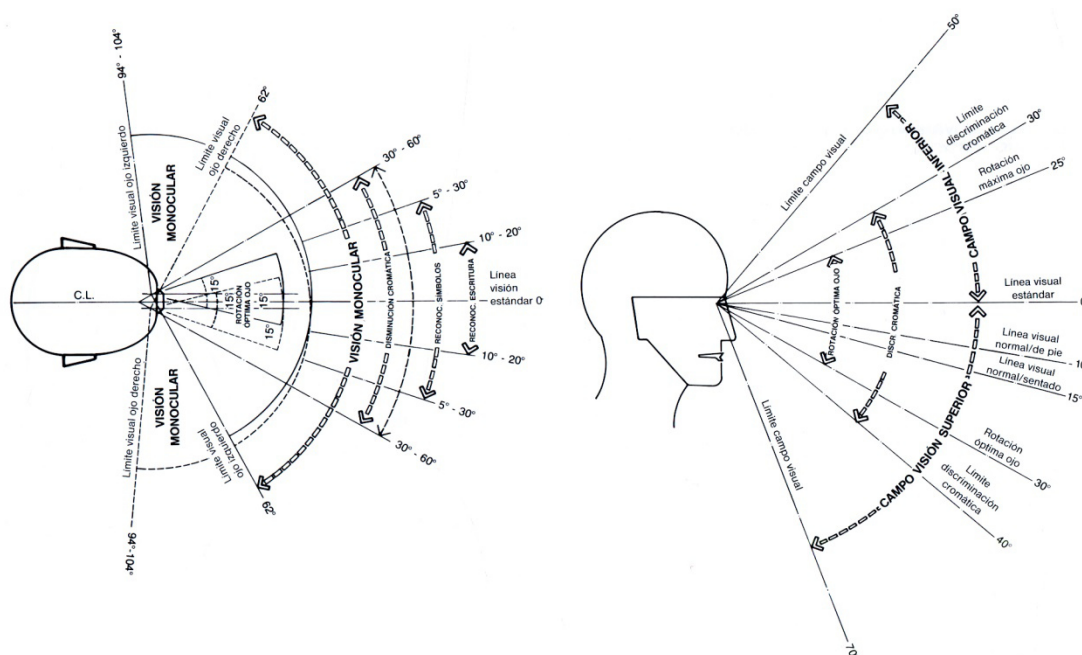
<sup>30</sup> Extret de: Jacobs, A. SynthLight Handbook. Chapter 1: Fundamentals



al voltant dels 555 nm, corresponent a una tonalitat al voltant del groc-verd. En visió escotòpica, la major sensibilitat correspon als 505 nm, una mica desplaçada cap al verd-blau.

Un altre aspecte de la visió del color és la propietat d'alguns colors de tenir aparences idèntiques tot i tenir orígens físics diferents. Aquests colors s'anomenen metàmers. Si les característiques espectrals són idèntiques o proporcionals, i tenen la mateixa aparença independentment de les condicions d'observació, s'anomenen isòmers. De fet, la influència de les condicions d'observació en l'aparença dels colors és fonamental: per una part, un mateix estímul físic pot resultar en aparences diferents perquè es rep en condicions diferents, i d'altra part els aspectes visuals d'una platja de color poden restar, al contrari, totalment constants malgrat variacions considerables de les seves condicions de presentació a l'observador. Les condicions poden ser espacials, com la luminància del color, les característiques del camp que l'envolta, les seves característiques geomètriques i l'estat general d'adaptació de l'observador<sup>31</sup>.

Altres aspectes de la visió fan referència a la seva relació amb l'espai. El sentit de la vista té uns límits físics, definits pel camp perceptiu del seu òrgan, el **camp visual**. Aquests límits acoten l'entorn dins uns angles de visió que en defineixen l'abast espacial. El camp visual no és igual en totes les espècies ja que els sistemes visuals són diferents. En el cas de l'ésser humà, el sistema visual el formen dos ulls situats a la part frontal del cap que li permeten la visió binocular i la discriminació de distàncies, a més d'un ampli abast de l'entorn. Altres espècies tenen una visió vora els 360° però sense discriminació de distàncies.



**Figura 14:** camp visual humà normalitzat en el pla horitzontal i vertical<sup>32</sup>

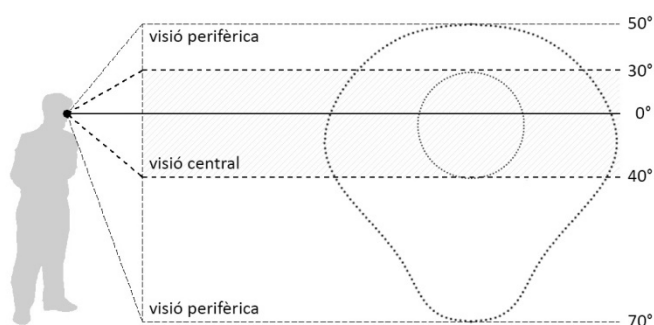
Els límits del camp visual humà són produïts per característiques físiques comunes (celles, nas..) i està definit per uns angles que el divideixen en tres zones amb característiques específiques. La zona central, la més propera a la línia de visió, és la que ofereix una visió precisa, nítida. A

<sup>31</sup> Kowaliski P. Vision et mesure de la couleur

<sup>32</sup> Extret de: Panero J., Zelnik M. Las Dimensiones Humanas en los espacios interiores

mida que ens allunyem d'aquesta zona, la qualitat de la visió disminueix. La zona al voltant de la central és el camp binocular, que permet la visió amb una certa nitidesa i distinció cromàtica. La zona més allunyada és la zona de visió monocular i en ella només és possible detectar moviments i estímuls aïllats.

Els angles que limiten el camp visual humà i les característiques de les seves zones són estudiats per l'antropometria. A la figura 14 veiem la representació del camp visual en el pla horitzontal i vertical d'un observador, corresponent a un observador estàtic. Si l'observador es mou o està explorant visualment el seu entorn, la línia visual es va desplaçant i les imatges del seu camp visual van canviant. Aquí entra en joc la definició de l'**escena visual** de l'observador. Com que el desplaçament de les persones caminant es produeix normalment en el pla horitzontal, es pot considerar que l'escena està definida tan sols pel camp visual en el pla vertical. Això vol dir que els elements que formen part de l'entorn de l'observador seran visibles si es troben dins unes franges limitades pel camp visual en vertical segons la figura 15. No obstant, l'observador no acostuma a mantenir la vista fixada en el pla horitzontal, sinó que la seva línia de visió va variant uns graus per sobre i especialment per sota. Per això, per ser rigorosos, els límits del camp visual haurien de ser unes línies més aviat difoses. No obstant, en aquesta tesi considerarem el camp visual d'una persona en moviment tal com es representa a la figura 15.



**Figura 15:** camp visual d'un observador en moviment

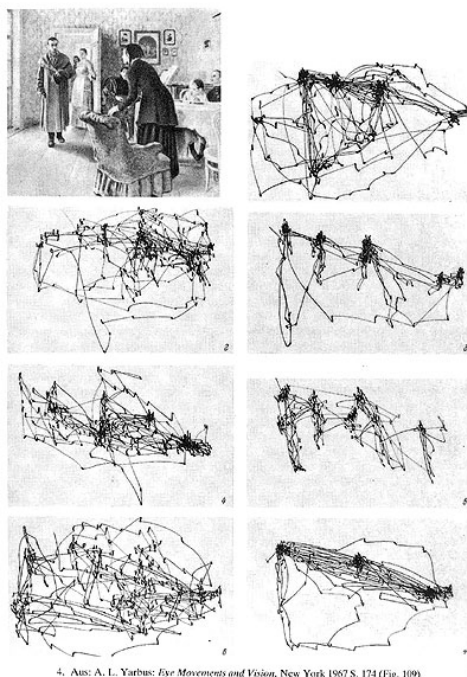
Aquest camp consta de diferents parts. Al voltant de la línia visual es produeix la visió foveal, una zona molt petita amb el màxim d'agudes visual. Alguns graus per sobre i per sota hi ha la zona de visió central i la resta és considerada zona de visió perifèrica, monocular o binocular. La visió en detall i distinció cromàtica es produeix 30° per sobre i 40° per sota de la línia de visió. A l'altra zona, situada entre la franja central i 50° per sobre i 70° per sota de la línia visual, hi ha visió però amb menys grau de nitidesa. Hem vist que el camp delimita les escenes visuals formades pels elements de l'entorn, amb les seves característiques lumíniques. Els elements que quedin a la franja central seran distingibles amb nitidesa pel que a fa a color i forma, mentre que a mida que s'allunyin d'aquesta franja i s'acostin als límits, aniran perdent definició. Més endavant, en analitzar les escenes visuals urbanes i dels espais de transició, ens centrarem en aquesta franja central del camp visual, que és on l'ull té major sensibilitat a la llum.

La importància del focus en la visió fa que uns elements de l'escena visual siguin els principals i la resta el fons, o soroll. De fet, una mateixa escena pot ser percebuda de manera diferent en funció de l'activitat; per exemple, si caminem per un carrer per dirigir-nos a algun lloc, atendrem a les senyals i indicadors del lloc on volem anar; si caminem com a turistes,



observarem l'entorn amb ulls de curiositat, explorant els edificis, el paisatge urbà, etc.; si caminem per anar a la feina, segurament només observarem les parts de l'entorn que són necessàries per la nostra seguretat.

També cal dir que la fisiologia de l'ull fa que no sigui possible mantenir la vista fixada en un punt durant un temps prolongat. Per evitar-ho el sistema visual realitza uns moviments anomenats sacàdics, que l'ull fa de manera inconscient per explorar l'escena i evitar la fatiga que es produeix quan es mira en una direcció fixa (figura 16). Aquests moviments estan totalment relacionats amb la tasca que està realitzant l'individu, ja que li permeten fixar l'atenció en uns elements o uns altres. A l'hora d'estudiar el camp visual en aquesta tesi, però, no els tindrem en compte, ja que en un desplaçament es va canviant de direcció la línia principal de visió de manera natural.



**Figura 16:** registre de moviments sacàdics en observar *The unexpected visitor* (1883), figura 109 de Yarbus 1967. En cada cas es va demanar l'observació de la imatge durant 3 minuts seguint instruccions concretes. D'esquerra a dreta i de dalt a baix: imatge original, observació lliure, estimació de les circumstàncies familiars materials, estimació de les edats dels personatges, estimació de l'activitat de la família abans d'arribar el visitant, recordar la indumentària que porten els personatges, recordar les posicions de les persones i els objectes a l'habitació, estimació del temps que el visitant ha estat allunyat de la família

L'estudi del procés de la visió contribueix al disseny d'espais confortables visualment, entès aquest concepte com la capacitat de recepció de missatges visuals provinents de l'entorn de manera adequada. Tradicionalment, el confort visual feia referència només a l'assoliment d'un nivell d'il·luminació adequat per desenvolupar una tasca. No obstant, els estudis en psicologia i ergonomia fets durant els últims anys han demostrat que un entorn amb estímuls visuals i més vibrant lumínicament suposa un major confort visual en els usuaris de l'espai<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> Baker N., Fanchiotti A., Steemers K. Daylighting in architecture: a European reference book

En aquesta tesi es va més enllà i es proposa tractar el tema de la **qualitat visual** d'un espai com a concepte integrador dels paràmetres lumínics i els aspectes de disseny de l'espai que conformen la composició de l'escena visual. Aquest concepte inclou l'ús dels materials, la morfologia de l'espai, la distribució de la llum, i altres, com veurem més endavant. A més, contextualitza els paràmetres lumínics i els aspectes de disseny de l'espai integrant-los amb el temps. S'ha optat per aquest terme perquè no delega tota la responsabilitat exclusivament a la quantitat i color de la llum, sinó que també té en consideració altres aspectes relatius al disseny que influeixen en l'aparença de l'espai.

*La visió és un procés complex en el que intervé un emissor i un receptor. El receptor de l'ésser humà és l'ull, un òrgan de gran complexitat, però que serviria de poc si no existís un procés de percepció que ens interpretés el què està veient.*

#### 1.4. La percepció visual

La relació entre el medi i l'ésser humà es vehicula a través de la percepció. La percepció humana és un fenomen complex on intervenen diferents agents: els estímuls provinents del món que ens envolta, els receptors que codifiquen l'energia rebuda en impulsos nerviosos, les fibres transmissores d'aquests impulsos i el sistema nerviós central. La recepció d'estímuls externs es produeix a través dels sentits. En el cas de la percepció visual el sentit és la vista, amb molta capacitat de detall i alta direccionalitat de percepció, com hem vist al punt 1.3.

La percepció visual permet que les imatges rebudes siguin interpretades pel nostre cervell i traduïdes en alguna cosa amb significat: com és un objecte, quina mida té, a quina distància està, etc. A més, l'observació no és un acte estàtic sinó que consisteix en una constant exploració voluntària i involuntària de l'entorn. Aquest acte, que podria generar una seqüència d'imatges juxtaposades sense cap relació, és realitzat de manera unívoca, constant i estable. La constància és un aspecte de la percepció que recorre a l'experiència anterior i la memòria per reconèixer quelcom encara que estigui distorsionat. Afecta la forma, mida, lluminositat i color de les coses. Gràcies a la constància de forma som capaços de reconèixer objectes encara que siguin vistos en perspectiva (distorsionats), incomplets o girats. El mateix passa amb la mida de les coses, que tot i variar la seva dimensió aparent amb la distància són percebudes com iguals. La constància en la lluminositat ens permet determinar si una superfície és clara o fosca independentment de la quantitat de llum que hi arribi, o bé discriminar que una superfície té lluminositat uniforme encara que una part estigui il·luminada i l'altra a l'ombra. Un efecte semblant es produeix en percebre el color.

En la percepció visual també és important la relació que s'estableix entre els elements de l'espai, que pot ser d'harmonia o de contrast. Si bé aquest tema és tractat en més profunditat al Capítol 8, a continuació veurem aspectes relacionats amb la percepció de la forma, lluminositat, color i espai aplicats a l'experiència arquitectònica.

La percepció de la **forma** és un aspecte molt important lligat a la distinció de contorns. Molts cops, per distingir una forma tan sols és necessària la seva silueta, ja que la informació bàsica es troba intrínseca en aquesta forma. En entorns més complexes cal alguna aportació més ja que

les formes no són tan nítides, però el contorn segueix sent molt important. Principalment, per poder percebre una forma hi ha d'haver una distinció adequada entre figura i fons. La psicologia ens diu que aquest procés no és immediat, malgrat que en situacions amb molta llum es pot produir amb relativa facilitat. En canvi, en situacions on hi ha menys llum, el primer que es veu és alguna cosa que destaca sobre el fons abans de distingir la pròpia forma, tot i que d'entrada no es sàpiga què és. Per poder percebre entorns complexos es produeix un procés on es seleccionen les formes que per nosaltres tenen sentit sobre la resta que jutgem irrelevantes.

Per poder percebre formes correctament, hi ha dos paràmetres que són molt importants: la intensitat de la llum i les diferències de **lluminositat** entre els elements que conformen el camp visual. Pel que fa a la intensitat de la llum, existeix un llindar absolut sota el qual no és possible la visió, i per això cal proporcionar sempre un nivell mínim. Pel que fa a les diferències de lluminositat de les superfícies, la distinció de formes és més fàcil quant més gran és el contrast entre elles. Aquests valors estan lligats, perquè quanta més intensitat tingui la llum, més gran haurà de ser el contrast. La percepció de la variació d'un estímul general, així com de la lluminositat, es regeix per la llei de Weber-Fechner. Segons aquesta llei, la resposta als estímuls no és lineal sinó que té un comportament aproximadament logarítmic. Per tant, el mateix increment d'energia excitant no produeix la mateixa sensació si ens trobem en nivells energètics baixos que alts; quan més gran és l'estímul, més quantitat d'energia es necessita per percebre sensació de canvi, mentre que en nivells baixos els mínims canvis són perceptibles.

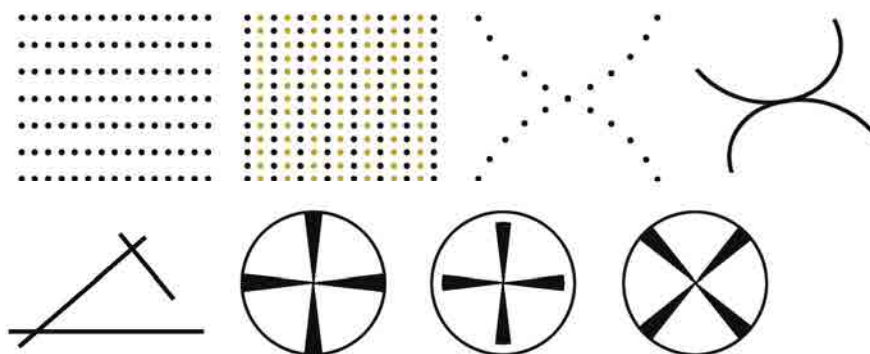
Els valors d'intensitat de la llum i la valoració de la lluminositat de les superfícies les veurem posades en pràctica més endavant, però de moment es pot dir que si les formes i volums tenen un adequat contrast de lluminositat amb el seu entorn, es perceben més fàcilment. En els exemples de la figura 17 veiem l'ús d'un material fosc a Castelveccchio per destacar el crucifix de pedra clara, així com l'aportació de les ombres a l'hora de contrastar amb superfícies clares i donar sensació de volum.



**Figura 17:** contorns en positiu i en negatiu al Museu Castelveccchio de Verona (1974, C. Scarpa), Palazzo della Ragione de Vicenza (1614, A. Palladio) i Villa Capra “La Rotonda” a Vicenza (1570, A. Palladio)

A banda del procés físic, la percepció de les formes té una component psicològica. Quan observem, tendim a ordenar l'experiència perceptiva de manera que segueixi uns principis d'ordre, simplicitat, regularitat i simetria. D'aquesta manera és més fàcil percebre i retenir les formes que veiem. Aquests principis van ser postulats pels psicòlegs de la Gestalt en el període

d'entre guerres del segle XX i estan inclosos en una teoria que es pot traduir com de “la bona forma” (*Prägnanz*). Aquesta teoria té unes lleis, entre les quals hi ha les de semblança, proximitat, simetria, continuïtat, direcció comú, simplicitat o relació entre figura i fons (figura 18). Aquestes lleis són importants en l'experiència arquitectònica perquè contribueixen a la percepció de les formes en l'espai, ja sigui en si mateixes o respecte la posició d'elements amb diferent lluminositat. A més, contribueixen a una comprensió més fàcil de l'espai.



**Figura 18:** il·lustració d'algunes de les lleis de la Gestalt: proximitat, semblança, direcció comú, continuïtat i simetria

Del que hem vist es dedueix que mirar no consisteix en un escaneig lineal d'una escena i cadascun dels seus detalls sinó en una exploració de les formes que creiem necessàries per retenir la imatge i entendre-la i relacionar-les amb formes que ens siguin familiars, depenent de la finalitat de l'observació (recordem el què hem vist en explicar els moviments sacàdics, al punt 1.3). Si les formes estan generades seguint els principis de bona forma, la tasca de reconeixement serà molt més ràpida i efectiva, i permetrà el reconeixement total partint de l'observació d'una part. Si pel contrari les formes no compleixen aquests principis, serà necessari més temps per al seu reconeixement i més llum per percebre-les.

La percepció del **color** segueix uns altres principis que en els espais arquitectònics cal tenir en consideració. En primer lloc, el color és percebut de manera diferent segons el tipus d'acabat de la superfície, com succeeix entre una superfície especular i una texturada del mateix color. També hi influeixen les característiques de la llum incident pel que fa a intensitat, temperatura de color i índex de rendiment de color de la font. Però un fet molt important és que no veiem els colors de manera aïllada, sinó envoltats d'altres superfícies de color. De fet, la percepció del color es produeix per contrast. El contrast pot ser simultani o successiu, depenent de si es produeix entre colors adjacents o en escenes successives en el temps, és a dir el pas entre espais de diferents colors. A l'arquitectura es poden donar els dos tipus de contrast, dins un mateix espai o en el pas entre espais contigus. Val a dir que la nostra memòria de color és molt deficient, i valorar el contrast successiu de vegades resulta molt difícil.

Tornant al contrast simultani, entre colors es poden produir diferents efectes o contrastos quan aquests es troben barrejats. En el cas de l'art, un dels llibres que tracten sobre aquest tipus de contrastos l'hem anomenat anteriorment, *The art of color* de Johannes Itten. Si bé no és un tractat científic sobre el color, les teories sobre els diferents tipus de contrast que es produeixen en una obra d'art són fàcilment extrapolables a l'arquitectura i suposen una base de reflexió sobre els efectes del color en el tractament de les superfícies dels espais. Els dibuixos

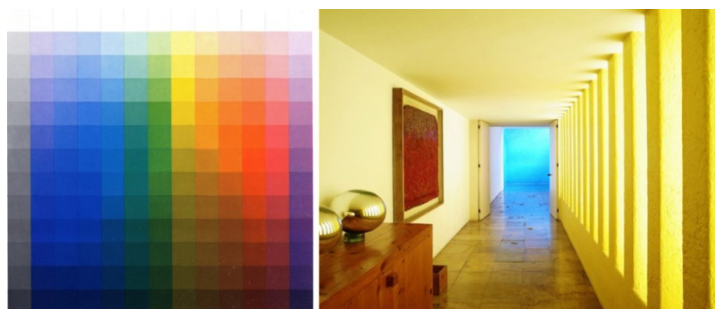
utilitzats i les referències pictòriques que es mostren a continuació s'han extret del llibre, i a més s'han buscat i afegit algunes referències arquitectòniques. Recordem que els contrastos que s'hi descriuen són: de tonalitat, fosc-clar, fred-càlid, complementari, simultani, de saturació i d'extensió.

El contrast de tonalitat és molt simple. El contrast més intens es produeix entre els colors groc, vermell i blau. El resultat obtingut és rotund i categòric, ja que els elements destaquen considerablement entre ells. Amb aquest recurs es produeix un fort contrast amb tonalitats repartides per la superfície o de manera puntual a petites zones. A la figura 19 es mostren exemples de l'ús d'aquest tipus de contrast en pintura i arquitectura.



**Figura 19:** taula 8 extreta de *El arte del Color*, J. Itten; *Le Collier d'Ambre* (1937, H. Matisse); edifici d'habitatges a Ceuta (2007, MGM Arquitectos)

El contrast fosc-clar es pot produir entre blanc i negre o entre diferents tonalitats. No obstant, produir aquest tipus de contrast amb color és bastant difícil, ja que si bé és fàcil discriminar si un color és més fosc o més clar dins una mateixa tonalitat, fer-ho respecte un altre color no és gens fàcil. Si observem la figura 20 veiem que, tonalitats que en teoria haurien de tenir la mateixa brillantor no són percebudes segons aquest criteri, ja que depenen de la sensibilitat de l'ull humà a diferents longituds d'ona. Aquesta diferència també es pot veure a la imatge de l'espai de la casa Gilardi de Luis Barragán. Quan desapareix la component cromàtica, ja sigui en un dels colors o en tots, distingir el contrast és més fàcil, com succeeix a la taula i el quadre de la figura 21.



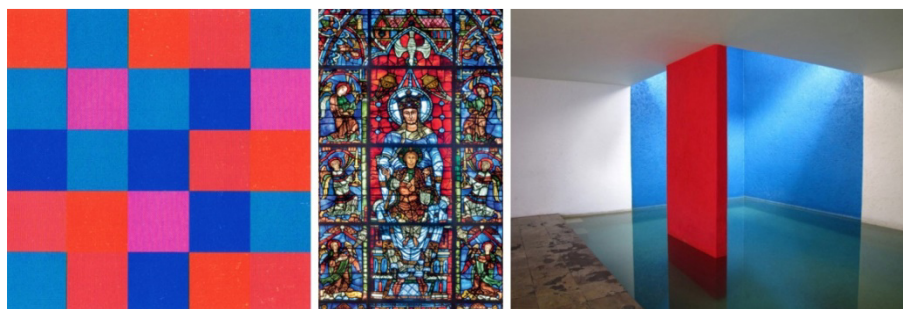
**Figura 20:** taula 15 extreta de *El arte del color*, J. Itten, amb dotze passos equidistants entre el blanc i el negre a través de grisos; passadís a la casa Gilardi (1976, L. Barragán)





**Figura 21:** taula 11 extreta de *El arte del color*, J. Itten; Plato con limones, cesta con naranjas y taza con una rosa (1633, F. de Zurbarán)

Amb el color també es poden transmetre sensacions com calidesa o fred. Això és important en el disseny d'espais interiors i les sensacions que es transmeten. En general, es consideren colors càlids els grocs, vermells, taronges i intermedis. Els freds són els blaus, verds, violeta i intermedis. La taula i els dos exemples de la figura 22 mostren l'aplicació d'aquest tipus de contrast en un vitrall i en un espai interior.



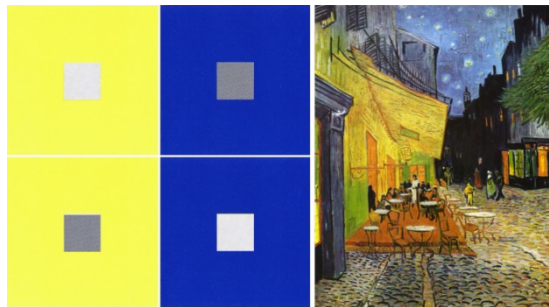
**Figura 22:** taula 20 extreta de *El arte del color*, J. Itten; detall de "La Belle Verrière" de Chartres; espai casa Gilardi (1976, L. Barragán)

Els colors complementaris són els que es mostren al cercle cromàtic en costats oposats. Cada parell de complementaris genera uns efectes particulars. El groc i el violeta són complementaris en tonalitat i corresponen al color més brillant i el més fosc. El vermell-taronja amb el blau-verd també són complementaris i representen els dos extrems de color càlid i fred. El vermell i el verd són complementaris i amb la mateixa saturació ofereixen la mateixa brillantor. La pintura de Piero della Francesca de la figura 23 mostra el contrast de colors complementaris amb tonalitats diferents, però sense utilitzar colors molt saturats.



**Figura 23:** taula 29 extreta de *El arte del color*, J. Itten; Adorazione del Sacro Legno e Incontro di Salomone con la Regina di Saba (1466, P. della Francesca)

El contrast simultani apareix quan un mateix color és percebut amb una tonalitat diferent degut a la contigüitat amb un altre color que n'altera l'aparença. Això passa perquè l'ull, en veure una tonalitat determinada, genera el color complementari distorsionant-ne la visió. Aquest fenomen també es produeix en la visió de colors iguals al costat de colors diferents, provocant que la seva visió es vegi distorsionada. A la figura 24, s'han utilitzat dues tonalitats de gris sobre groc i blau; no obstant, l'aparença és de quatre tonalitats de gris diferents. Igualment, la utilització del blau i el groc a la pintura de Van Gogh (figura 24) aporta brillantor a l'escena representada per contrast.



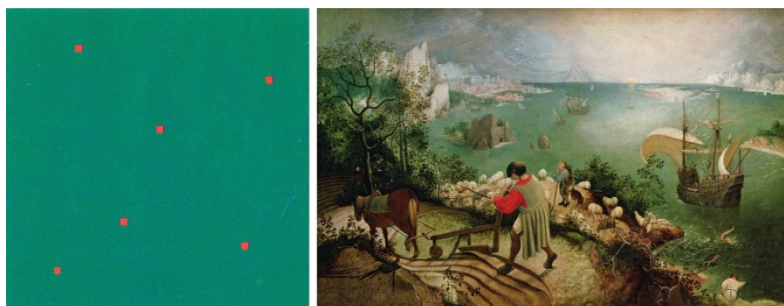
**Figura 24:** figura elaborada a partir de les taules 31 i 35 de *El arte del color*, J. Itten, on els grisos en diagonal són iguals; Terrassa de cafè de nit (1888, V. van Gogh)

El contrast de saturació fa referència a la puresa d'un color. És el contrast que es produeix entre un color molt pur i saturat i un més apagat. No obstant, aquest contrast és relatiu, ja que un color apagat al costat d'un de molt viu es percep de manera diferent que si se veu enfront d'un color encara més apagat. La figura 25 mostra, a banda de la taula de Itten, una pintura on es fa ús d'aquest contrast utilitzant un color amb diferent saturació al costat del negre, i dos exemples d'edificis on la façana s'ha resolt amb la mateixa tonalitat variant la saturació.



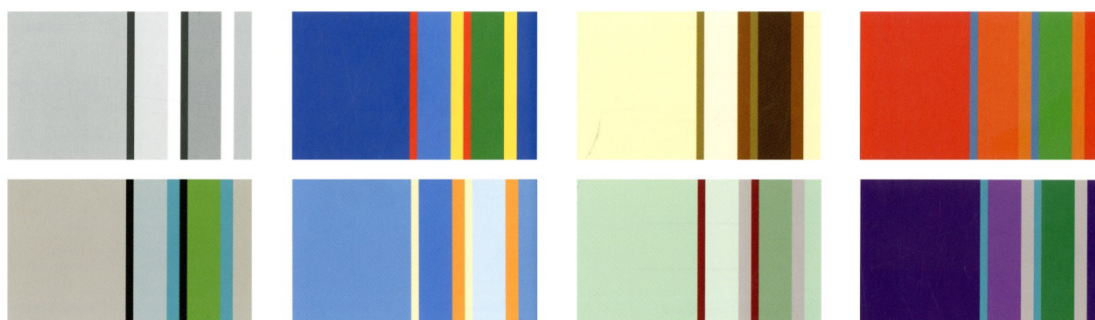
**Figura 25:** a dalt, taula extreta de *El arte del color*; L'infant Jesús (1648, G. de la Tour); a baix, Animal Refuge Center, Amsterdam Osdorp (2007, Arons & Gelauff); École Jean Moulin, Bernay (2012, Prinvaault Architectes)

Per últim, el contrast d'extensió es refereix al contrast existent entre taques de color de diferents mides. El treball de Goethe i Itten en aquesta línia es basa en donar uns valors als colors de manera que un conjunt estigui equilibrat ponderant la superfície que ocupa cada un relacionat amb la seva força. Aquesta força està relacionada amb la brillantor. La intenció amb aquest contrast és crear composicions harmòniques. Si un color destaca sobre els altres aleshores es tracta d'una composició expressiva. Les dues imatges de la figura 26 representen la mateixa idea de manera abstracta i representativa.



**Figura 26:** taula 47 extreta de *El arte del color*, J. Itten; Paisatge amb la caiguda d'Ícar (1555, P. Brueghel the Elder)

La denominació i el nombre de contrastos varia segons els autors, però tots ells es basen en la contraposició d'aspectes del color que produeixen efectes diferents. A la figura 27 es mostren altres exemples de contrast amb franges de color de diferent gruix d'una manera gràfica.



**Figura 27:** contrastos de color; d'esquerra a dreta i de dalt a baix: clar-fosc, cromàtic, intensitat, parpelleig o vibració (flicker), cromàtic-acromàtic, complementari, qualitat, simultani<sup>34</sup>

Pel que fa a la percepció de l'espai, és important la informació que aporten els sentits però també l'aprenentatge i la pròpia psicologia de l'observador. Quan un espai és conegut, l'observador es mou de manera còmoda amb gestualitat habitual. Però si l'espai és desconegut, aquest afronta el coneixement de l'espai de manera explorativa, percebent tots i cada un dels seus detalls per fer-se una idea de com és<sup>35</sup>. En veure un espai, l'individu es fixarà en els objectes que per ell tenen alguna importància. La resta d'elements seran neutres, no existiran pel que fa a l'atenció de l'observador. Dels objectes que tenen alguna importància, hi ha elements dominants i dominats. Els dominants són els que no controla la persona i poden suposar una amenaça. En canvi, els dominats són els coneguts que transmeten seguretat i

<sup>34</sup> Meerwein G. Color: communication in architectural space

<sup>35</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light



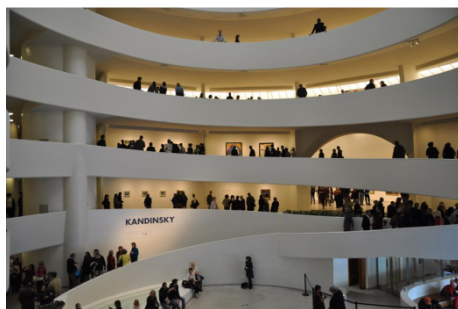
estabilitat a l'individu. Els espais segueixen la mateixa definició: hi ha espais que requereixen més atenció per ser dominants sobre la persona, altres són neutres i no aporten cap estímul, i altres són dominats i l'atenció és més relaxada<sup>36</sup>.

D'altra banda, segons els estudis de l'artista i filòsof alemany Hugo Kükelhaus<sup>37</sup>, l'experiència espacial conté uns aspectes psicosomàtics. Segons ell, les persones necessitem els camps biològics de tensió, i els elements de contrast i estimulació que proporciona la varietat. Kükelhaus creu que l'absència d'aquests camps provoca trastorns desencadenats per poca estimulació, com passa amb les superfícies sense ombres (absència de diferències de luminància), manca de variacions de temperatura, etc. El moviment restringit i materials i colors monòtons també pot causar incomoditat.

Un altre aspecte que té a veure amb la relació de l'individu amb l'espai són les referències necessàries per l'orientació horitzontal i vertical que ens proporciona l'oïda interna i que ens situen en relació amb el món que ens envolta. Tot i això, si les formes que defineixen l'entorn no segueixen les regles d'horitzontalitat i verticalitat, ens és molt més difícil de definir quin és el pla horitzontal i el vertical, i es pot arribar a la desorientació<sup>38</sup>. L'expressionisme alemany, en pel·lícules com *Das Cabinet des Dr. Caligari*, van treure partit d'aquesta desorientació espacial amb finalitats cinematogràfiques (figura 28). En altres termes, hi ha exemples d'arquitectura en què manca la percepció clara d'horitzontalitat degut a l'existència de rampes i espais amb el paviment horitzontal, com l'espai de la rampa central del Museu Guggenheim de Nova York (figura 29).



**Figura 28:** fotogrames de la pel·lícula *Das Cabinet des Dr Caligari* (R. Wiene, 1920)



**Figura 29:** atri del Museu Guggenheim a Nova York (F.Ll.Wright)

---

<sup>36</sup> Serra R., Coch H. Arquitectura y energía natural

<sup>37</sup> Extret de: Meerwein G. Color: communication in architectural space

<sup>38</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

D'altra banda, el nostre aprenentatge de visió del món en perspectiva ens informa sobre les profunditats i distàncies dels objectes que conformen el nostre entorn. Amb llum natural, les mides dels objectes en distància i la seva lluminositat disminueixen. D'aquesta manera, un objecte molt brillant en relació amb el fons o molt contrastat en quant a color semblarà que està més a prop que un altre que no ho estigui. Les ombres també aporten informació sobre la profunditat dels objectes del nostre entorn. En particular, la mida, la lluminositat, la claror i el color dels objectes disminueixen gradualment i regularment quan augmenta la distància.

*En l'aprenentatge del món que ens envolta, des de ben petits, ens acostumem a veure el món "tal com és", d'una manera molt concreta. La percepció ens indica si entenem el què tenim davant o ens pertorba, com pot ser el cas de les il·lusions òptiques, on la percepció es veu enganyada pel que creiem veure.*

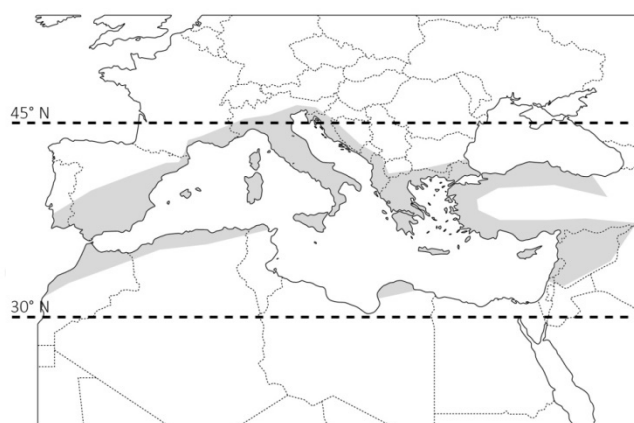
## Cap. 2 L'entorn físic. El cas de la Mediterrània i la seva llum

El sistema visual, com hem vist al capítol anterior, ha de fer front als estímuls que li arriben de l'entorn amb la llum disponible, ja sigui intensa, dèbil, de color, etc. Aquesta llum, en un exterior, ve donada per factors climàtics. De fet, l'àmbit geogràfic és molt important, ja que determina el clima i amb ell la intensitat de la radiació i la probabilitat d'existència de dies assolellats en el conjunt de l'any. Partint d'aquesta premissa s'ha acotat geogràficament l'àmbit d'estudi de la tesi a un conjunt d'indrets amb característiques climàtiques similars, l'àmbit mediterrani.

### 2.1. L'àmbit mediterrani

L'àmbit geogràfic estudiat en aquesta tesi comprèn el conjunt d'indrets amb característiques climàtiques similars situats al voltant del Mar Mediterrani. Les característiques climàtiques són les pròpies del clima del que pren el seu nom. L'elecció s'ha basat principalment en la proximitat i accessibilitat a aquest entorn, per una banda, però també pel tipus de llum, caracteritzada per elevats nivells d'il·luminància deguts al gran nombre de dies amb alta insolació.

Basant-nos en la classificació climàtica de A. N. Strahler (1951), el clima mediterrani es troba dins el subgrup de climes de latituds mitjanes, juntament amb el clima subtropical humit, el clima marí de la costa occidental, el clima de deserts i estepes i el clima continental humit. A l'hemisferi nord, els llocs amb aquest clima es troben entre les latituds 30°-45° N de la conca mediterrània i la costa californiana. A l'hemisferi sud, el clima mediterrani es dona entre les latituds 30°-45° S a la costa xilena, a l'extrem sud de Sudàfrica i al litoral meridional d'Austràlia. Entre tots aquests llocs, ens centrem en l'àmbit mediterrani com a àrea d'estudi (figura 30).



**Figura 30:** mapa de zones amb clima mediterrani al sud d'Europa i nord d'Àfrica

El mediterrani és un clima temperat que es caracteritza per grans variacions estacionals que donen lloc a hiverns plujosos i estius càlids i secs, a més d'una oscil·lació anual de temperatures moderada<sup>39</sup>. Durant l'estiu, el domini de les altes pressions origina la presència freqüent de cels

---

<sup>39</sup> Extret de: Neila González F.J. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible

assolellats (molta insolació), altes temperatures i temps sec. A l'hivern s'imposa la dinàmica de les zones temperades, amb el pas de borrasques frontals que aporten la major part de les pluges, i descens suau de les temperatures, accentuat per periòdiques invasions d'onades de fred, responsables, de vegades de fortes glaçades<sup>40</sup>.

El clima és un macro factor que determina els valors d'una sèrie de paràmetres com la radiació solar, la humitat i temperatura de l'aire, la velocitat del vent, la quantitat i freqüència de precipitacions, i d'altres. Pel que fa a la temperatura al clima mediterrani, la mitjana del mes més fred es troba entre 6°-10° i la del més càlid entre 21°-27°, encara que es pot arribar a valors més extrems. L'oscil·lació anual és d'uns 16°. La precipitació anual no és abundant, entre 400 i 900 mm<sup>41</sup>. El règim de pluges no és continu sinó estacional i acostuma a concentrar-se als equinoccis, molt sovint amb episodis que poden arribar a ser torrencials.

Però el tret més característic és el nombre de dies amb alta insolació degut a la presència de cel clar. En el cas de Catalunya, els valors mitjans d'irradiació global diària oscil·len entre un mínim de 4-7 MJ/m<sup>2</sup> (1.2-1.9 kWh/m<sup>2</sup>) al mes de desembre i un màxim de 22.5-25 MJ/m<sup>2</sup> (6.3-7.0 kWh/m<sup>2</sup>) al mes de juny. La mitjana anual es troba entre 14-15 MJ/m<sup>2</sup> (3.9-4.2 kWh/m<sup>2</sup>) comptant tot el territori<sup>42</sup>. Una bona part de la radiació rebuda pel sol es troba dins l'espectre visible; aquesta és la franja que s'estudia en aquest treball.

Per tot el què s'ha dit, els llocs que es troben en aquest àmbit tenen unes característiques lumíniques similars dominades per l'elevada i freqüent radiació, que permeten establir uns escenaris visuals comuns per al seu estudi.

*La definició de l'àmbit mediterrani implica una acotació geogràfica que comprèn indrets amb característiques climàtiques similars i solucions arquitectòniques amb els mateixos requeriments ambientals. En aquest àmbit els estius són càlids i secs, amb dies de molta insolació, i els hiverns temperats.*

## 2.2. L'entorn urbà

L'àmbit mediterrani, tot i tenir trets formals compartits per tots els seus indrets, és divers ja que hi coexisteixen diferents tipus de paisatge. Segons el Diccionari de la llengua catalana<sup>43</sup>, un paisatge es defineix com: "aspecte i característiques d'una regió determinada segons les seves característiques formals, siguin físiques, biogeogràfiques o antròpiques". Per tant, els paisatges estan vinculats a l'àmbit geogràfic i depenen de les seves característiques formals però també tenen una gran influència els efectes de la mà de l'home. Aquest últim punt està molt relacionat amb la cultura i tradició de cada poble.

L'aspecte i característiques d'un paisatge es poden definir a través de les seves escenes visuals. Les escenes visuals, esmentades anteriorment, estan caracteritzades per la disposició de

---

<sup>40</sup> Cuadrat J.M., Pita M.F. Climatología

<sup>41</sup> Miller A. Austin. Climatología

<sup>42</sup> Atles de Radiació Solar a Catalunya. Edició 2000

<sup>43</sup> Versió digital de l'Institut d'Estudis Catalans (dlc.iec.cat)

diferents elements dins el camp visual. Aquests elements depenen del tipus de paisatge, però la distribució dins l'escena segueix unes pautes comuns. En primer lloc, la part superior sempre està ocupada pel cel. La volta del cel és una superfície blava, bastant uniforme, que conté la principal font de llum, el Sol. Com que la font de llum es troba per sobre nostre, les ombres es formen de dalt a baix i de forma obliqua. En segon lloc, la part inferior de l'escena està ocupada pel terra. Aquest pot ser regular, irregular, pla o inclinat, però sempre serveix de referència per determinar l'horitzontalitat<sup>44</sup>. A més, és el receptor de les ombres dels elements del seu voltant. Entre aquestes dues zones principals hi ha la resta d'elements, de naturalesa molt variada i amb una composició principalment vertical. En termes generals, si el paisatge és natural, les formes tendeixen a ser més irregulars i orgàniques. En canvi, quan l'entorn és manipulat per la mà de l'home, les formes segueixen un patró més cartesià, on és fàcil identificar línies horitzontals i verticals, superfícies llises, angles rectes, etc.



**Figura 31:** imatge de camps a la Provença i cases sobre l'Onyar a Girona

Per il·lustrar aquesta idea, a la figura 31 es mostren dos tipus de paisatge: un entorn natural lleugerament modelat per l'home i un entorn urbà. En els dos casos la part superior la ocupa el cel amb diferents proporcions; en aquest cas molt més gran a la imatge del camp que a la de la ciutat. Pel que fa al terra, al paisatge natural hi ha camps, mentre que a l'urbà l'ocupa el riu. En els dos casos el terra ocupa una proporció similar dins la imatge. La diferència fonamental està al cel i a la part central. A la ciutat, la part central de l'escena és la més important, i s'hi detecten fàcilment les línies dels volums ortogonals de les cases, la verticalitat de les edificacions, l'horitzontal del pont, etc. En el paisatge natural, no obstant, el cel i el terra pràcticament es toquen, i a la imatge no existiria una zona central si no fos per una fina línia muntanyosa situada a l'horitzó.

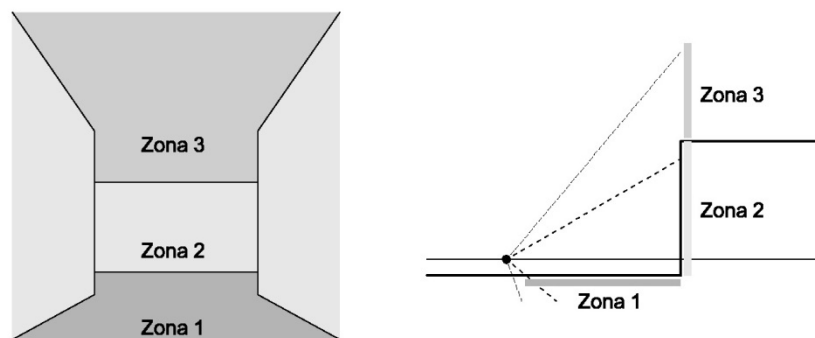
Tot i no representar una formalitat categòrica, aquests exemples posen de manifest que, aparentment, als paisatges urbans hi ha major presència d'elements a la part central de l'escena visual en detriment sobre tot del cel, mentre que als paisatges no urbans sembla no ser així. Aquesta afirmació hauria d'anar acompanyada de l'anàlisi de més imatges, però, com veurem més endavant en analitzar la llum en entorns urbans, s'aproxima bastant a la realitat. Donat que l'objecte de la tesi són les escenes visuals urbanes, continuarem posant el focus en l'anàlisi d'aquest tipus d'entorns i les proporcions dels diferents elements dins aquest paisatge.

---

<sup>44</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture. L'autor destaca la necessitat d'orientació horitzontal i per tant d'identificar l'horitzó, per satisfer la necessitat d'orientació (p.21)

Les escenes visuals urbanes són complexes i estan formades per molts elements de diferent naturalesa. No obstant, reprenent el que s'ha dit en analitzar els dos tipus de paisatge, es poden simplificar per tenir un retrat abstracte i generalitzable de qualsevol escena urbana. Amb aquest objectiu, s'han definit 3 zones dins l'escena visual que corresponen als elements definits anteriorment. Contenen superfícies amb diferent posició i orientació respecte el punt de vista d'un observador situat a peu de carrer i diferencien les parts de l'escena visual en què la incidència del sol és vertical, horitzontal, o contenen la font principal de llum, el Sol. Les zones són les següents (figura 32):

- Zona 1: ocupada per la superfície horitzontal situada a la part inferior del camp visual, el paviment.
- Zona 2: ocupada per les superfícies verticals situades a la zona central del camp visual, les façanes dels edificis.
- Zona 3: ocupada per la porció de cel situada a la part superior del camp visual o, en el cas que el cel no sigui visible, la superfície horitzontal sobre la línia de visió, com un porxo.

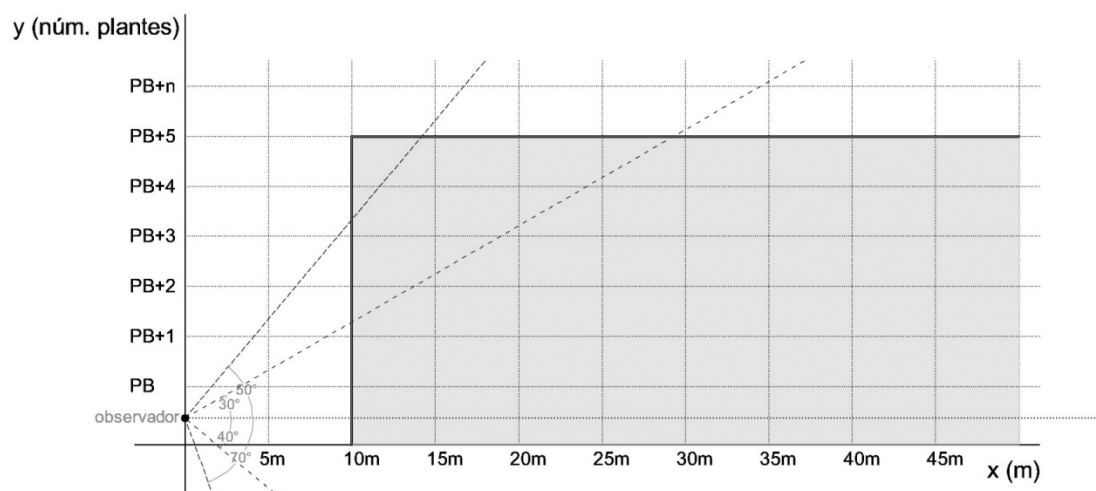


**Figura 32:** les zones d'una escena urbana, en perspectiva i en secció

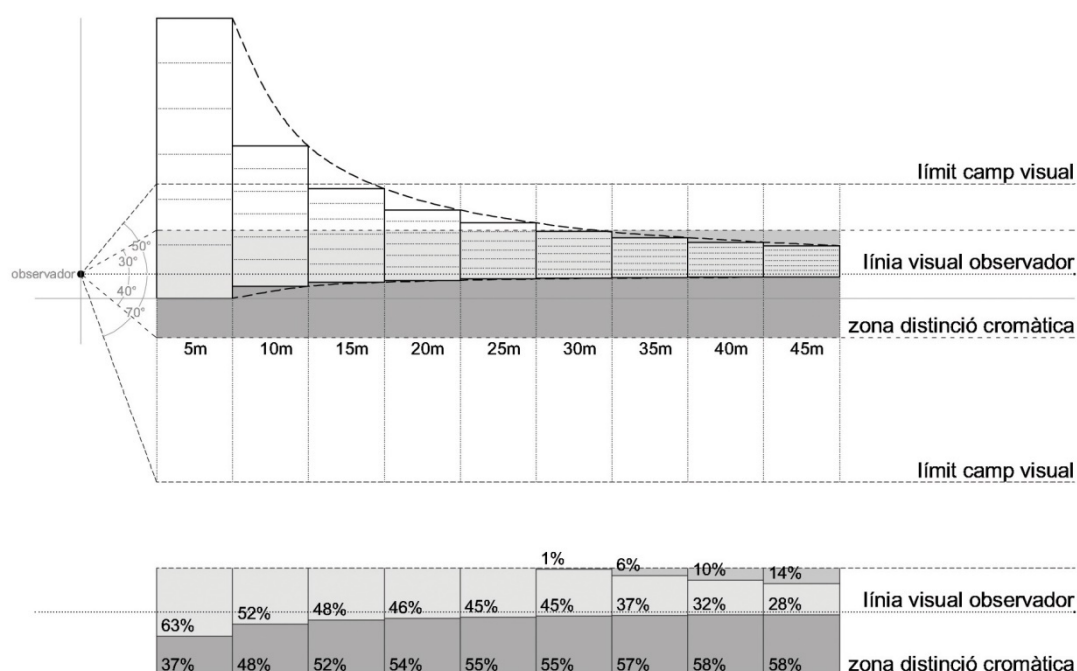
La posició de cada una de les zones dins l'escena visual és sempre la mateixa i això permet la extrapolació d'aquest esquema a qualsevol teixit urbà, variant-ne les proporcions. Aquesta abstracció correspon sobre tot a la visió d'entorns de manera frontal, quan les tres zones estan més clarament definides en franges horitzontals. Quan l'entorn és vist en escorç o és més complex, els elements poden estar més barrejats, però a cada zona sempre predomina un dels tres tipus: paviment, façanes o cel a les Zones 1, 2 i 3 respectivament.

Pel que fa a l'escena visual en teixits urbans diferents, la diferència rau en la proporció de les Zones 1, 2 i 3 dins aquest esquema. Una altra diferència és la seva lluminositat, però això ho veurem més endavant. A diferència de la posició, la proporció de les zones no és sempre la mateixa i cal analitzar-la geomètricament. Bàsicament depèn de dos factors: la distància entre l'observador i les superfícies verticals, i l'alçada de les edificacions. Per analitzar-ho, s'ha elaborat una gràfica (figura 33) en la que, introduint l'alçada i la distància de visió, es representa un teixit urbà a través de seccions dels edificis vistos a diferents distàncies. A l'eix d'ordenades es representa el número de plantes amb una planta baixa de 3.5 m d'alçada i plantes de 3 m d'alçada. A les abscisses s'han definit separacions de 5 m corresponents a diferents distàncies entre l'observador i les façanes dels edificis. Aquesta representació permet reproduir la visió de qualsevol teixit urbà partint de l'alçada dels edificis i l'amplada dels carrers i marcant aquesta

informació sobre els eixos. Tot i que una ciutat és quelcom més complex del què es representa aquí, aquest tipus d'anàlisi permet fer una primera aproximació a la seva aparença.



**Figura 33:** gràfica de seccions i distàncies de visió dels edificis d'un teixit urbà. Les abscisses (x) representen les diferents distàncies de visió, amb salts de 5 m i les ordenades (y) l'alçada de l'edificació, amb plantes de 3 m d'alçada excepte la planta baixa, de 3.5 m. En gris, s'ha marcat la secció d'un edifici de PB+5 vist a 10 m de distància



**Figura 34:** a) dalt, visions d'un edifici de PB+5 a distàncies separades 5 m; a baix, proporcions de la Zona 1 (gris fosc), Zona 2 (gris clar), i Zona 3 (gris mig), corresponents a la visió d'aquest edifici, situades dins la franja de distinció cromàtica del camp visual

La proporció de les Zones 1, 2 i 3 dins el camp visual és diferent segons la morfologia urbana, ja que varia en funció de la distància entre observador i edifici i de l'alçada dels edificis. Per veure-ho gràficament, es representa la visió d'un edifici de PB+5 a mida que augmenta la distància d'observació. Per fer-ho, s'ha combinat la gràfica de la figura 33 amb la representació del camp

visual d'un observador en moviment, i s'ha analitzat geomètricament cada secció determinant les proporcions que ocupen les Zones 1, 2 i 3 (figura 34). D'entre les franges del camp visual, ens fixem en la central, que és la que ofereix major sensibilitat cromàtica i nitidesa.

De la figura anterior es poden extreure dues conclusions: la primera és la dificultat de visió del cel en un teixit amb certa densitat, com la que tenen les ciutats mediterrànies. Per un edifici de PB+5 cal estar a més de 30 m perquè el cel quedi dins la zona de distinció cromàtica del camp visual. A la figura s'ha traçat una corba on es veu que a mida que ens apropem a l'edifici el cel desapareix ràpidament del camp visual. La posició del cel, d'altra banda, no és mai propera a la zona de màxima sensibilitat visual. El segon fet destacable és que al paviment això no li passa. A totes les distàncies analitzades el paviment ocupa una part important de l'escena, partint d'un 37% a 5 m de distància fins a ocupar gairebé la meitat del camp visual quan estem a més de 15 m. Si bé la visió del cel està lligada a l'alçada dels edificis, repartint-se la proporció amb la Zona 2, la visió del paviment difícilment es veu alterada per la resta. Cal recordar que l'horitzó és la línia virtual on es troben el cel i un terra horitzontal. Si, a més tenim en compte que quan caminem la vista està lleugerament inclinada cap al terra, de seguida ens adonem que el paviment és una part molt important dins l'escena visual.

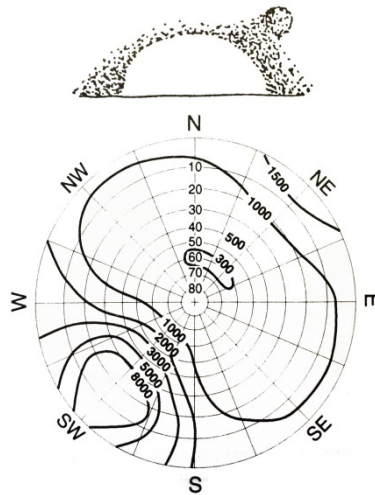
*L'escena visual d'un entorn urbà està formada per 3 zones on hi ha els elements paviment, façanes i cel en diferents proporcions segons el tipus de trama urbana. S'ha comprovat que el paviment ocupa una part molt important dins el camp visual, juntament amb les façanes i el cel, en ordre d'importància.*

## 2.3. La llum mediterrània

L'àmbit mediterrani té unes condicions climàtiques, descrites a l'inici del capítol, que influeixen en la seva llum fins al punt de convertir-la en un dels trets més característics del lloc. Una de les particularitats del clima mediterrani és la sovintejada presència de cels clars i sol directe. Els raigs incidents, molt verticals, creen ombres molt marcades sobre els volums construïts on la llum retalla les arestes i perfila zones fosques i clares amb un elevat contrast entre els diferents plans. El tipus de cel predominant és el cel clar, un model estàndard definit per la CIE com a *Clear Blue Sky*. Amb aquest tipus de cel, la luminància que té la volta celeste varia en funció de la posició del sol, l'altitud sobre el nivell del mar i el nivell de pol·lució (figura 35). Val a dir que amb aquest tipus de cel és molt important la component directa del sol, que fa que s'assoleixin uns nivells de llum molt alts sobre les superfícies.

La naturalesa d'aquesta llum ha marcat profundament l'arquitectura de la zona mediterrània, molt diferent de la d'altres zones com el nord d'Europa, on la llum és menys direccional i més difusa. Així, l'arquitectura mediterrània és feta de formes senzilles, volumetries simples sota la llum. L'arquitectura tradicional com la del sud d'Espanya (figura 36) n'és una mostra, on les cases i edificacions auxiliars són de colors clars, normalment blanques, i es retallen contra el cel blau. Els temples de l'antiga Grècia, com els de la figura 37, oferien una volumetria simple on el treball sobre la pedra és evident gràcies a la interacció amb la llum directa del sol.





**Figura 35:** distribució de luminàncies en el tipus de cel Clear Blue Sky<sup>45</sup>



**Figura 36:** arquitectura tradicional del sud d'Espanya, Almanzora i Cabo de Gata (Almería)

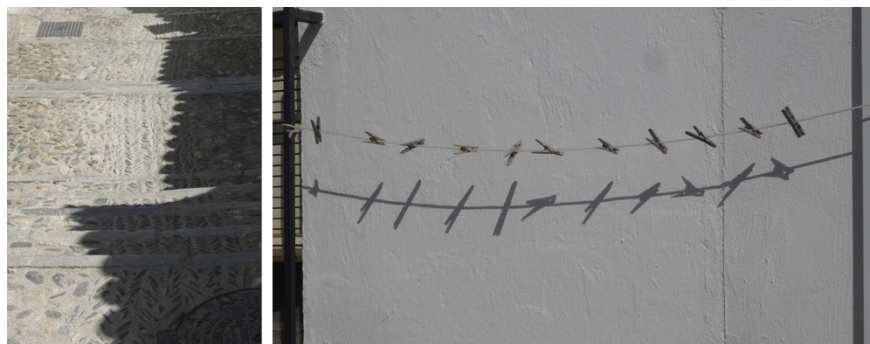


**Figura 37:** temples grecs a Segesta i Selinunte, Sicília

De fet, una de les característiques de la llum directa és la generació d'ombres importants i contrastades. L'ombra pot ser pròpia, com la de les façanes on el sol no incideix directament, o projectada. La projecció d'ombra es pot produir sobre una façana, provinent d'edificis propers o altres elements, mentre que en els paviments generalment és l'únic tipus d'ombra possible (figura 38). Les ombres a l'entorn mediterrani poden ser fosques si són profundes, o clares si l'entorn també és molt clar. Si ens fixem en la figura 39, veiem que l'ombra pròpia de les cases

<sup>45</sup> Baker N., Fanchiotti A., Steemers K. Daylighting in architecture: a European reference book

del carrer de Granada situades a l'esquerra de la imatge són molt clares degut a la reflexió de la llum en la façana del davant. En canvi, l'ombra del terra és bastant més fosca.

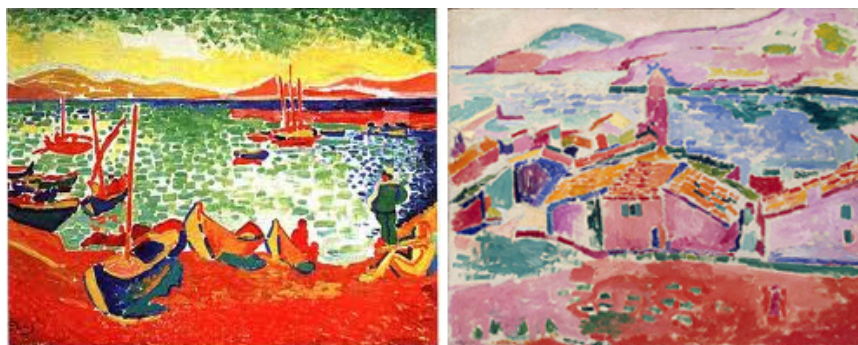


**Figura 38:** ombres projectades al paviment d'un carrer de Granada; ombres projectades a la façana d'una casa de Los Albaricoques, Almería



**Figura 39:** Banyalbufar, Mallorca. Carrer de Granada

A banda de modelar intenses ombres, la llum mediterrània fa que els colors agafin més força i semblin més vius. Alguns pintors de principis del segle XX, com Matisse o Derain, es van desplaçar al sud de França a la recerca d'aquesta llum; així ho van veure i així ho van pintar (figura 40). Com es pot comprovar a partir de les fotografies de la figura 40, el blau del cel i del mar, el blanc de l'arquitectura, el verd de la vegetació, i tota la paleta de colors d'argiles, ocres i altres pigments naturals guanyen en intensitat i són vistos en tota la seva esplendor sota la llum mediterrània.<sup>46</sup>



**Figura 40:** Vista de Collioure (1905, H. Matisse); Barcos en Collioure (1905, A. Derain)

<sup>46</sup> Valero Ramos, E. La Materia intangible: reflexiones sobre la luz en el proyecto de arquitectura

L'immens flux de llum solar també arriba a l'interior dels edificis malgrat que no s'hi arribin a assolir valors tan alts per evitar l'excés de radiació. La tradició arquitectònica mediterrània compta amb nombrosos exemples de filtres situats a la pell de l'edifici que minimitzen l'entrada excessiva de radiació a l'interior sense perdre visió de l'exterior. Un excés de radiació provocaria sobreescalfament i una despesa energètica que es pot evitar fàcilment. Quantificar aquesta llum en un entorn mediterrani és una tasca que es farà en el següent punt, però abans d'això, donem uns valors de referència genèrics de luminància i il·luminància per espais exteriors i interiors.

**Taula 1:** luminància d'un paper blanc amb reflexió aproximada 0.8 sota diferents il·luminacions<sup>47</sup>

Luminància (cd/m <sup>2</sup> )	
Il·luminància solar directa	25000
Il·luminància diürna exterior	1000-10000
Bona il·luminació interior	100-1000
Il·luminància interior mitja	10-100
Il·luminància interior dèbil	1-10
Il·luminància exterior de nit	0.1-1
Visió de nit	0.1-0.0001

**Taula 2:** valors i ordre de valors d'il·luminància en diferents situacions<sup>48</sup>

Il·luminància (lx)	
Sol a 50° de l'horitzó	100000
Exterior sense sol	Varis milers
Interior ben il·luminat	Varis cents
Carrer ben il·luminat	2
Cel sense lluna de nit	0.0003

A continuació analitzarem la llum a l'exterior i l'interior dels edificis i podrem constatar la validesa d'aquests valors a l'àmbit mediterrani.

*La intensitat i la ferocitat de la llum són inherents al clima mediterrani. Permeten una visió molt viva de l'entorn, modelant les formes i destacant-ne els colors però també poden provocar escenes visuals molt contrastades.*

### 2.3.1. La llum a l'exterior de l'edifici

Com s'ha dit anteriorment, la llum mediterrània es caracteritza per la seva intensitat i la capacitat de modelar ombres molt contrastades. Si bé sabem que en un dia d'estiu es poden assolir valors d'il·luminància molt alts, a quins valors poden arribar els paviments i les façanes en un entorn urbà? I més important encara, quina luminància tenen, sota aquestes circumstàncies, els paviments, les façanes i el cel? L'escena que es dibuixa sota el cel descobert mediterrani està formada per un terra amb elements més clars que el cel i una zona on les ombres emfatitzen la

<sup>47</sup> Blanca Giménez V., Aguilar Rico M. Iluminación y color

<sup>48</sup> Blanca Giménez V., Aguilar Rico M. Iluminación y color

tridimensionalitat de les formes<sup>49</sup>. Les dades que donen les fonts bibliogràfiques fan referència a la quantitat de llum sota un cel descobert donant un valor d'il·luminància al voltant dels 100000 lx sobre una superfície horitzontal al sol en un dia d'estiu (taula 2). A banda d'aquesta dada, hi ha poca més informació. Per això, respondre a les preguntes anteriors implica l'obtenció del retrat lumínic de la ciutat mediterrània en la seva situació més extrema. L'objectiu en aquest punt és posar valors a les Zones 1, 2 i 3 definides al punt anterior per tenir, a banda de la composició de l'escena visual, els valors de lluminositat associats a cada zona. Però, perquè el retrat sigui complet, també és necessari conèixer els valors que s'assoleixen als diferents tipus d'ombra, i confeccionar l'escena amb tots aquests elements.

Amb aquestes premisses i amb la intenció d'obtenir valors lumínics assignables a les parts de l'escena urbana mediterrània, es va realitzar un treball de camp en entorns construïts a les hores centrals del dia durant el solstici d'estiu. Els resultats fan referència a punts al sol i a l'ombra de les zones definides com a Zona 1, 2 i 3 al punt 2.2. El procediment es detalla a l'Annex I al final d'aquesta tesi. El treball va donar dos tipus de resultats, un és fruit de mesuraments realitzats in situ, i l'altre es basa en l'anàlisi de fotografies. Els valors dels mesuraments corresponen estrictament a les superfícies de cada zona, paviments, façanes i cel. En les fotografies, no obstant, el resultat és més heterogeni perquè correspon a entorns reals, on els elements de cada zona es troben barrejats.

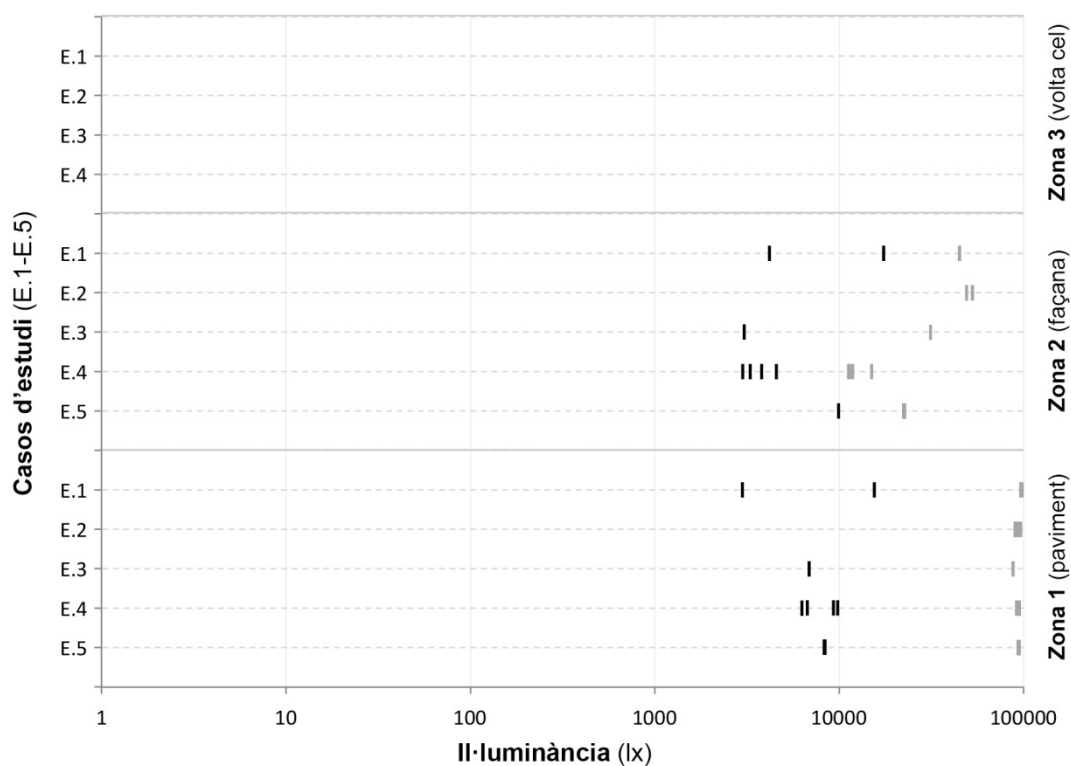
Els resultats de luminància i il·luminància obtinguts amb els mesuraments es mostren amb valors a la taula 3, on es diferencien per zones del camp visual. A més, s'ha creat una categoria apart pels valors obtinguts a l'ombra en totes les situacions, ja que en tots els casos han resultat ser molt similars. Pel que fa als resultats dels mesuraments de luminància i il·luminància, es mostren a les figures 41 i 42 d'una manera gràfica.

**Taula 3:** valors de luminància ( $L$ ) i il·luminància ( $E$ ) a les Zones 3, 2 i 1 i a les zones en ombra. A les façanes s'han diferenciat els valors de les façanes blanques i les de color

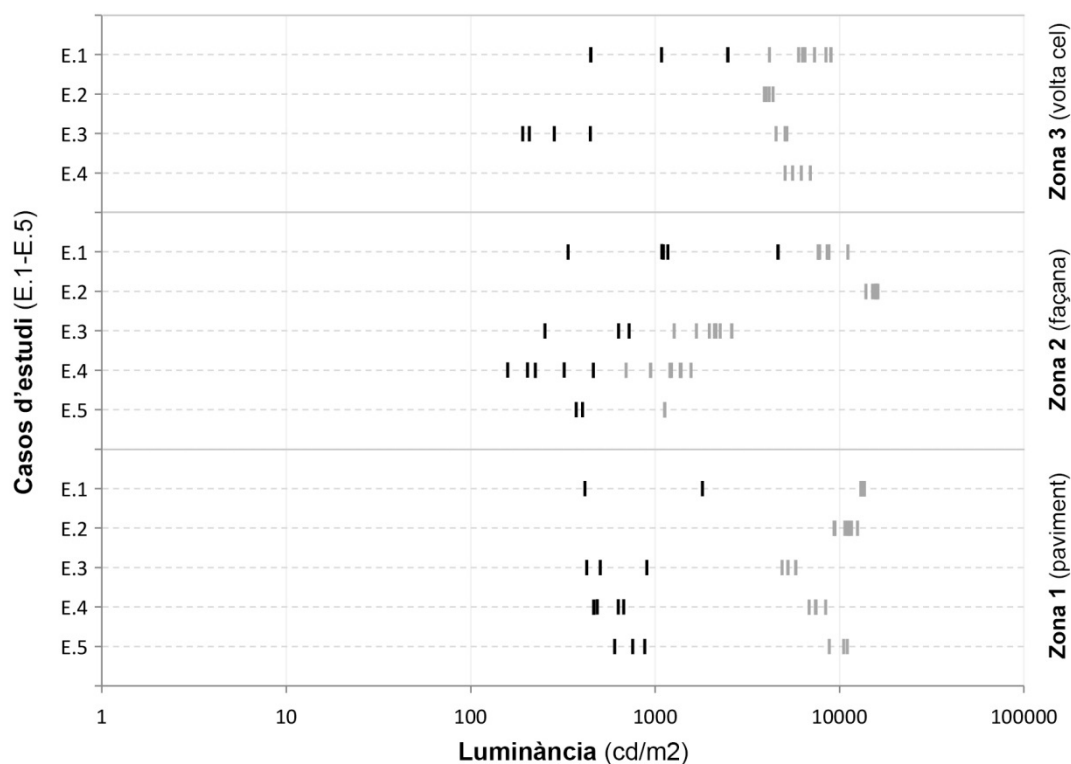
Zona 3	$L_c$	4000 – 9000 cd/m <sup>2</sup>
	$E_v$ al sol	11000 – 53000 lx
Zona 2	$L_v$ al sol (façanes color)	1000 – 3000 cd/m <sup>2</sup>
	$L_v$ al sol (façanes blanc)	8000 – 16000 cd/m <sup>2</sup>
Zona 1	$E_H$ al sol	90000 – 98000 lx
	$L_H$ al sol	5000 – 14000 cd/m <sup>2</sup>
Ombra	$E_{C,V,E}$	3000 – 10000 lx
	$L_{C,V,E}$	300 – 1000 cd/m <sup>2</sup>

La taula 1 del punt anterior donava uns valors de luminància a ple sol d'unes 25000 cd/m<sup>2</sup>. Però en els casos mesurats no s'han trobat valors tan alts, ja que les superfícies blanques més exposades van donar valors al voltant de 16000 cd/m<sup>2</sup>. El rang per il·luminació diürna es situa en la mateixa taula entre 1000 i 10000 cd/m<sup>2</sup>, i en aquest cas coincideix amb els valors mesurats.

<sup>49</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture



**Figura 41:** gràfica resum amb les 3 zones de l'escena urbana i els valors d'il·luminància  $E$  (en escala logarítmica) mesurats a l'exterior dels diferents casos d'estudi descrits a l'Annex I. En gris, els valors al sol; en negre, els valors a l'ombra



**Figura 42:** gràfica resum amb les 3 zones de l'escena urbana i els valors de luminància  $L$  (en escala logarítmica) mesurats a l'exterior dels diferents casos d'estudi descrits a l'Annex I. En gris, els valors al sol; en negre, els valors a l'ombra

A banda dels mesuraments, es van analitzar fotografies preses en els mateixos entorns. Els resultats obtinguts amb aquesta anàlisi són les distribucions de luminàncies per zones de l'escena visual i de la imatge en conjunt. En els resultats és fàcil veure com diferents factors, com la vegetació o l'heterogeneïtat de l'entorn, influeixen en la luminància de cada zona, a diferència del que passava amb els mesuraments, que es van dur a terme exclusivament en punts aïllats.

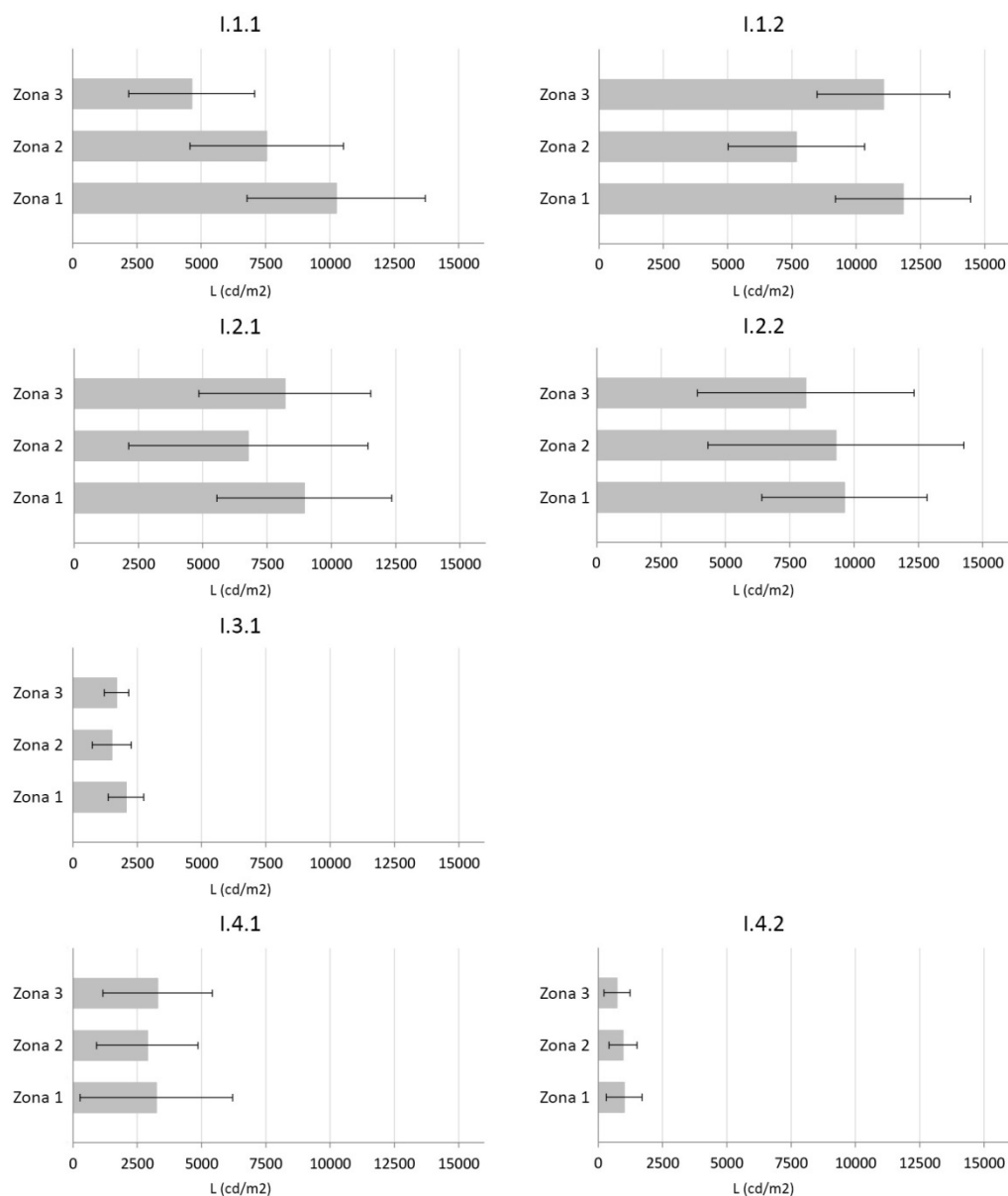
Les imatges analitzades van ser 7. Es van utilitzar fotografies a diferents distàncies, bastant frontals, a excepció de les imatges I.4.1 i I.4.2. El cas d'estudi E.5 presentava una geometria urbana més complexa i no es va analitzar en termes d'imatge. Els detalls i el desenvolupament de l'anàlisi estan explicats a l'Annex I. A la figura 43 es mostra, de manera sintètica, els resultats obtinguts a les 7 imatges pel que fa als valors de luminància mitjana a cada zona de l'escena i la seva desviació estàndard.

El treball confirma la intensitat de la llum mediterrània en entorns urbans, amb valors per sobre de 90000 lx mesurats als paviments, i per sobre de 50000 lx a les façanes. Aquesta llum, que incideix sobre les superfícies amb gran intensitat, es percep amb diferents graus de lluminositat. En particular, dos casos sobresurten de la resta, els dos primers. Aquests casos van donar valors de luminància bastant més alts que la resta, com es pot veure en els mesuraments i en l'anàlisi de les fotografies. Es tractava d'escenes visuals amb superfícies molt blanques i paviments clars, a diferència dels altres casos on les façanes eren de color i els paviments sensiblement més foscos.

Si analitzem per separat les zones del camp visual veurem les seves diferències en lluminositat i composició. A la **Zona 3**, corresponent al cel, es van mesurar valors entre 4000 a 9000 cd/m<sup>2</sup>, com hem dit abans, que són coherents amb els valors d'un cel clar segons la definició del *CIE standard clear sky* pels angles de visió mesurats. L'anàlisi de les fotos ens mostra que és una zona bastant uniforme en termes de lluminositat, i que només es veu alterada per elements com la vegetació o la part superior dels edificis del voltant. Aquest tipus d'interferències poden disminuir el valor mitjà de la zona, com passa a la imatge I.1.1, on la filera d'arbres enfosqueix aquesta part. També, quan hi ha un element tipus porxo que obstrueix part del cel, l'escena presenta a la part superior una zona més fosca amb valors vora o per sota de 1000 cd/m<sup>2</sup>, corresponents a la part inferior del porxo en ombra.

Si anem a la **Zona 1**, la part baixa de l'escena visual, veiem que també és molt uniforme i bastant lluminosa. Entre el paviment al sol i a l'ombra hi ha una diferència considerable, de 10000 a 90000 lx. Si ens fixem amb les luminàncies, l'efecte de les propietats òptiques dels materials fan que aquesta diferència de vegades sigui més gran i altres menys. Al paviment més fosc es van mesurar uns valors vora les 5000 cd/m<sup>2</sup>, i als dos més clars, de formigó clar, al voltant de 13000 cd/m<sup>2</sup>. De fet, l'anàlisi de les fotografies mostra, en quasi tots els casos, un valor mitjà en la zona dels paviments superior a la resta de les zones de l'escena visual. En els casos on les imatges tenien grans taques de sol i materials clars (E.1 i E.2), els valors mitjans de les fotografies van donar resultats similars als dels mesuraments. En entorns més ombrívols, la zona del paviment continua sent la més lluminosa malgrat tot. Uns valors de luminància alts i una uniformitat generalitzada són les característiques de la Zona 1. La uniformitat

probablement ve donada per la homogeneïtat de materials utilitzats en els paviments, pel que fa a textura i color, que fa que presentin una lluminositat bastant similar.



**Figura 43:** gràfica de les imatges analitzades, amb els valors mitjans de luminància representats en gris i la desviació estàndard, per cada zona de l'escena visual

Comparada amb les altres, la zona més complexa de tota l'escena és la central, la **Zona 2**. Aquí és on hi ha més nombre d'elements, principalment façanes, i més diferents entre ells. En aquesta zona s'han mesurat les luminàncies més altes, fins a 16000 cd/m<sup>2</sup> en façanes blanques, però també molt baixes, com 2000 cd/m<sup>2</sup> en façanes de color. El valor dels mesuraments realitzats en façanes de color és bastant semblant al de les superfícies en ombra, al voltant i per sota de 1000 cd/m<sup>2</sup>. No obstant, quan les ombres són sobre superfícies blanques en entorns molt clars, els valors de luminància poden arribar a ser més alts que els d'una façana de color. Malgrat aquests valors tan extrems, la Zona 2 no és, de mitjana, més lluminosa que la resta. Això ho podem veure a l'anàlisi de les fotografies, on rarament és aquesta zona la que presenta la luminància més alta. Aquest valor baix en comparació amb els altres es deu a l'heterogeneïtat

d'aquesta zona de l'escena urbana, formada per elements de diferent naturalesa, i a més, pels efectes de l'orientació i el color de les superfícies, que veurem una mica més endavant en aquest punt. Val a dir que, l'efecte del contrast simultani és important en aquesta part de l'escena, degut a la diferència entre la lluminositat de superfícies contigües.

De l'anàlisi realitzada es dedueix que la lluminositat mitjana de les zones de l'escena visual urbana acostuma a seguir un patró en forma de C, on el paviment i el cel són les zones més lluminoses i la zona central la que menys. Això és així sempre i quan no hi hagi algun element que ho impedeixi, com la filera d'arbres a la imatge I.1.1 o els edificis del voltant de la façana principal a la imatge I.2.2.

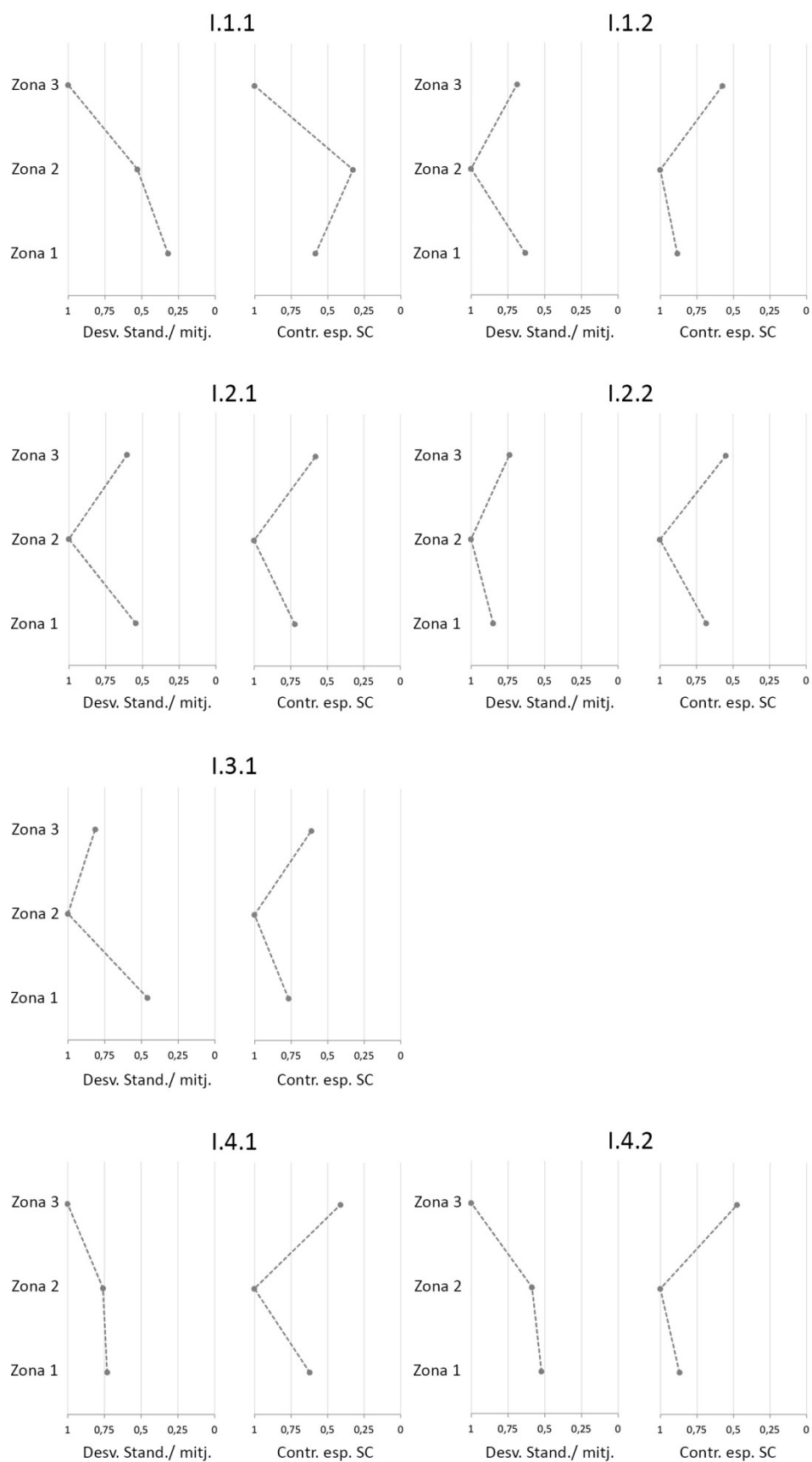
També confirma el patró en forma de C de l'escena visual el càlcul del contrast espacial mitjançant un índex que quantifica les variacions locals de luminància en una escena a partir de l'anàlisi d'imatges<sup>50</sup>. L'aplicació d'aquest índex parteix de la premissa que dues imatges poden tenir el mateix valor mitjà de luminància i la mateixa desviació estàndard, però els seus valors poden estar repartits de manera molt diferent (com una imatge de dos colors, partida en dos parts o en forma de tauler d'escacs). A grans trets, el procediment analitza cada píxel de la imatge i quantifica el seu valor de luminància i la diferència amb els píxels contigus. Finalment, aplica els resultats a una fórmula per obtenir un valor que anomena contrast espacial i que es mesura en tant per cent, on el 100% correspondria a una imatge molt contrastada amb gra petit i dispers, i els valors propers a zero s'aproximaren a una imatge on els píxels amb similar luminància estan molt propers entre ells. Aquest mètode té les seves limitacions, degudes principalment a la resolució i la mida de la imatge, però ofereix una idea aproximada de com es reparteix la lluminositat d'una escena. El càlcul es troba descrit a l'Annex I.

En els casos d'estudi analitzats, es va obtenir l'índex per cada una de les zones del camp visual i aquests valors es van posar en una gràfica referenciats al valor més alt. A la figura 44 veiem aquest resultat conjuntament amb els valors de la desviació estàndard obtinguts de l'anàlisi fotogràfica referits al valor més alt de les 3 zones de la imatge. Aquests resultats mostren el predomini del mateix patró en C en el càlcul de la desviació estàndard i en el del contrast espacial. El valor més alt en el segon índex mostra que la zona central de l'escena urbana té una composició diferent a les altres i denota una major dispersió i contrast en el repartiment de taques de lluminositat. És a dir, existeix un gra petit pel que fa a lluminositat, i els valors d'aquesta lluminositat són força contrastats. En el cas dels paviments i el cel succeeix el contrari, la lluminositat està repartida en taques més grans i homogènies. L'índex de contrast espacial segueix aquest patró en totes les imatges menys la primera on, com hem esmentat abans, existeix una filera d'arbres que oculta parcialment el cel creant petites zones molt clares, distorsionant el resultat. L'excepció també es dona en el valor desviació estàndard / valor mitjà, i a les dues últimes imatges, que representen una escena diferent, vista en escorç i on la divisió en zones de l'escena urbana no és tan literal.

---

<sup>50</sup> Siobhan Rockcastle, Marilyne Andersen. Measuring the Dynamics of contrast & daylight variability in architecture: a proof-of-concept methodology





**Figura 44:** gràfiques de la desviació estàndard i de l'índex de contrast espacial de cada zona de l'escena, normalitzats al valor més alt de cada imatge

Cal afegir que la lluminositat percebuda estarà afectada pel contrast simultani. Els valors per si sols són significatius, però cal tenir en compte que les superfícies no són mai vistes de manera aïllada sinó en un context. Si el contrast entre zones adjacents dins l'escena visual és alt, els valors alts tendiran a ser percebuts una mica més lluminosos i els baixos una mica més foscos. És el que succeeix entre zones al sol i l'ombra, on l'ull funciona de manera adequada per veure les dues parts correctament, però on cal un esforç que en una escena sota un cel cobert no és necessari.

Els dos tipus d'anàlisi realitzats constaten que entre els valors obtinguts a les fotografies i als mesuraments hi ha certes diferències. La influència del tipus d'entorn, entre altres factors, és bàsic per entendre per què són diferents. Al següent punt s'analitza quins aspectes modifiquen els valors de luminància de cada una de les zones.

*Les escenes visuals urbanes estan formades per tres zones corresponents al paviment, les façanes i el cel. En general, el cel i el paviment són les zones més uniformes i amb valors mitjans més alts; en canvi, la de les façanes és una zona més heterogènia i complexa, ja que pot assolir valors molt alts en entorns clars però també hi pot haver valors més baixos i més contrastats a causa de la coexistència de zones en sol i ombra i superfícies amb diferents colors i orientacions.*

### **Aspectes que alteren la distribució de luminància a l'exterior de l'edifici**

L'accés a l'edifici és un punt sensible des del punt de vista lumínic ja que facilita la transició entre dues situacions molt diferents visualment, les de l'exterior i l'interior de l'edifici. Al punt anterior hem vist quanta llum hi ha en un exterior urbà mediterrani, en termes de luminància i il·luminància, i la seva distribució per zones, amb valors mitjans i rangs obtinguts mitjançant dues metodologies. Però també hem vist que hi ha factors que fan que hi hagi algunes diferències entre les mesures de les superfícies i l'anàlisi fotogràfica de la zona de l'escena visual on estan situades. També hem vist diferències entre configuracions urbanes diferents. De fet, la morfologia urbana a gran escala i l'entorn immediat a una escala més petita, són aspectes que modifiquen l'escena visual que tenim abans d'entrar en un edifici.

Dins aquestes dues categories principals (morfologia urbana i entorn immediat) s'han englobat els principals aspectes que modifiquen la visió d'un exterior, ja que l'aparença de l'entorn previ a l'entrada preparen el sistema visual per tenir una adaptació més o menys ràpida a la llum de l'interior.

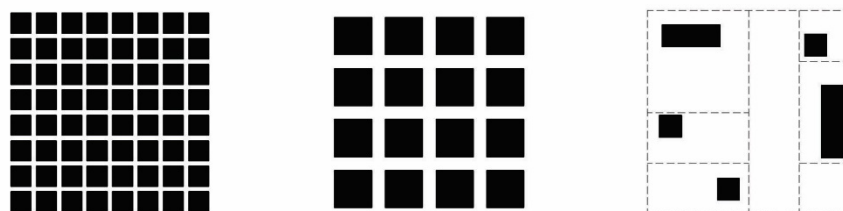
Morfologia urbana	Densitat en planta	Alta	Mitja	Baixa	
	Alçada edificacions	1-2 plantes	3-4 plantes	5-6 plantes	>6 plantes
Entorn immediat	Colors de l'entorn	Fosc	Mig	Clar	Heterogeni
	Accés en planta	Frontal (plaça)	Lateral (carrer)	Mixt	
	Accés en secció	Ascendent	Descendent	Pla	
	Obstruccions horitzontals	Vegetació	Pèrgoles	Cap	
	Color façana accés	Fosc	Mig	Clar	
	Orientació façana accés	Nord	Sud	Est	Oest

- **Morfologia urbana**

La morfologia urbana fa referència al tipus de teixit urbà entès a escala de barri. Bàsicament, es tracta de veure com la forma i els colors de la trama urbana intervenen en la composició de l'escena visual i la seva llum, pel que fa al repartiment d'ombres, distribució de zones dins el camp visual, colors predominants a cada zona, etc.

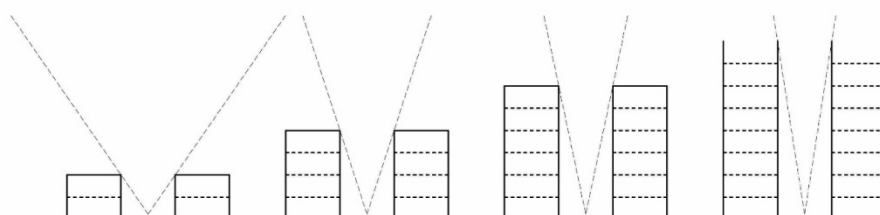
La forma de la ciutat s'ha definit en aquest punt segons la seva densitat en planta o densitat horitzontal i l'alçada de les edificacions o densitat vertical. Els dos aspectes estan absolutament relacionats perquè la imatge de la ciutat és una combinació dels dos. Com aspecte no geomètric s'ha introduït el color de l'entorn.

La **densitat en planta** es defineix com la relació entre la quantitat de sòl ocupat pels edificis i el sòl no edificat dins una trama urbana homogènia. La trama ha de ser homogènia per obtenir una idea de la relació entre buit i ple que permeti deduir la dimensió dels carrers. Per això, enlloc d'uns índex numèrics, s'han definit tres densitats bàsiques: alta, mitja i baixa. S'han escollit aquestes tres definicions perquè siguin fàcilment assimilables a models existents, com una trama densa tipus casc antic, una trama intermèdia tipus eixample i una trama dispersa on es perd la definició de carrer.



**Figura 45:** representació d'una trama urbana de densitat horitzontal alta, mitja i baixa

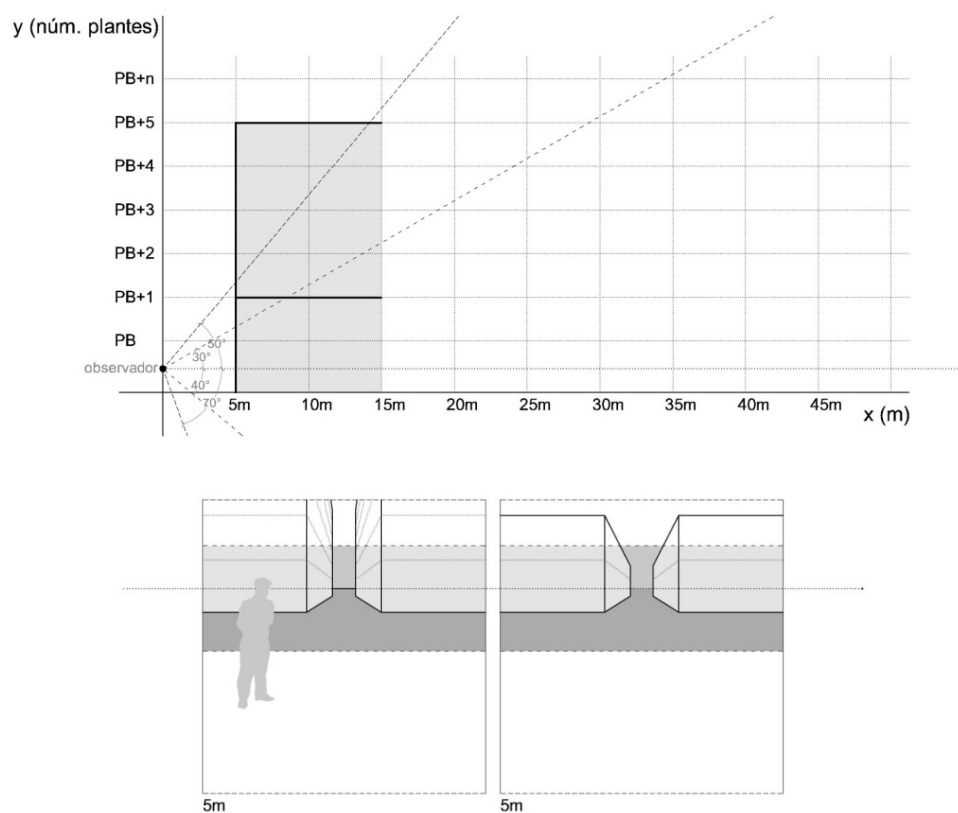
La imatge completa de l'escena visual urbana també està lligada a l'**alçada de les edificacions**. Aquest paràmetre serveix per conèixer la densitat vertical i es defineix com l'alçada mitjana dels edificis que conformen una trama urbana homogènia. Com en el cas anterior, s'han definit unes alçades genèriques que permetin assimilar fàcilment una trama urbana a alguna d'elles. La primera correspon a una trama amb edificis entre 1-2 plantes, de planta baixa o planta baixa més planta pis. La segona la formen els edificis amb alçades entre 3-4 plantes, corresponent a edificis entre dos i tres plantes pis. La tercera correspon a edificis entre 5-6 plantes. I per últim, s'ha fet una categoria per edificis de més de 6 plantes, ja que a partir d'aquesta alçada l'obstrucció del cel és gran i la visió del cel ja és molt petita o inexistent.



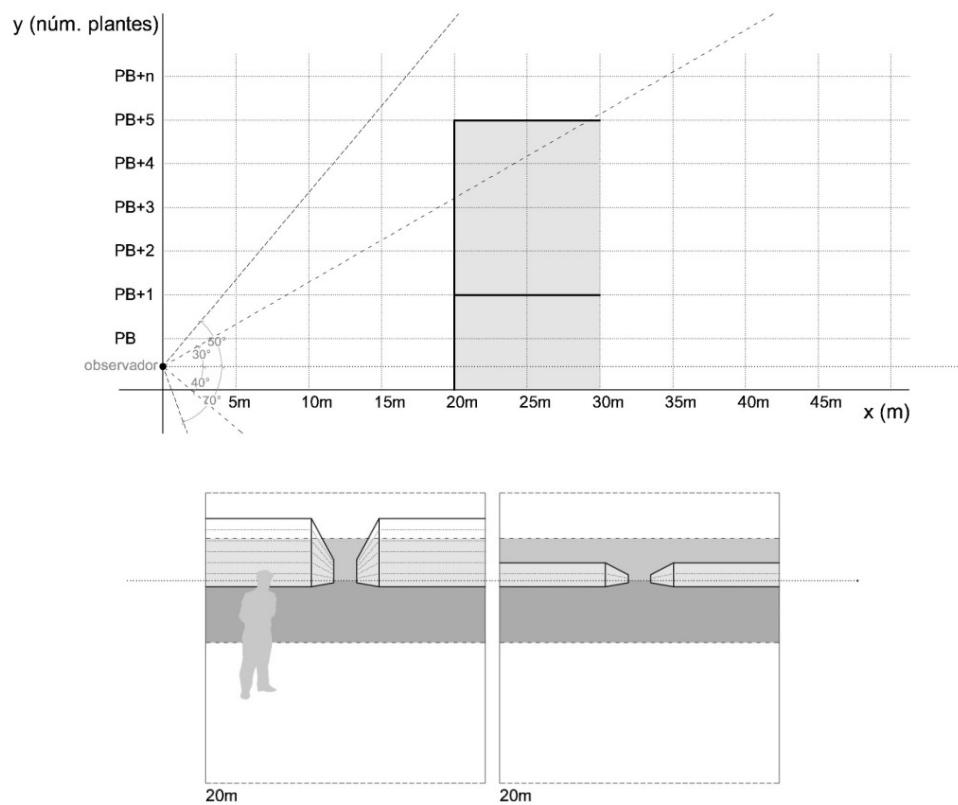
**Figura 46:** representació d'una trama urbana amb alçades d'edificis d'1-2, 3-4, 5-6 i >6 plantes

Els dos aspectes, la densitat en planta i l'alçada, apareixen a la gràfica on es defineix l'escena visual urbana (punt 2.2, figura 33). La distància de visió que apareix a les abscisses és assimilable a la densitat en planta d'un teixit urbà o amplada dels carrers. L'alçada de les edificacions a l'eix d'ordenades correspon a la densitat vertical definida al paràgraf anterior. Quan es canvien sensiblement aquests paràmetres s'alteren significativament les proporcions de paviment, façanes i cel dins l'escena visual. A partir de la figura 33 es poden representar diferents trames i veure com varien les proporcions de les Zones 1, 2 i 3 dins el camp visual d'un observador. Per veure com canvia la composició de l'escena, s'han introduït els paràmetres de tres tipus de teixits urbans sobre aquesta gràfica (figures 47-49). A cada figura s'ha introduït una densitat en planta diferent amb dues altures d'edificis (PB+1 i PB+5). A les figures també es representa l'escena visual resultant destacant la zona central del camp on es produeix la visió foveal i central.

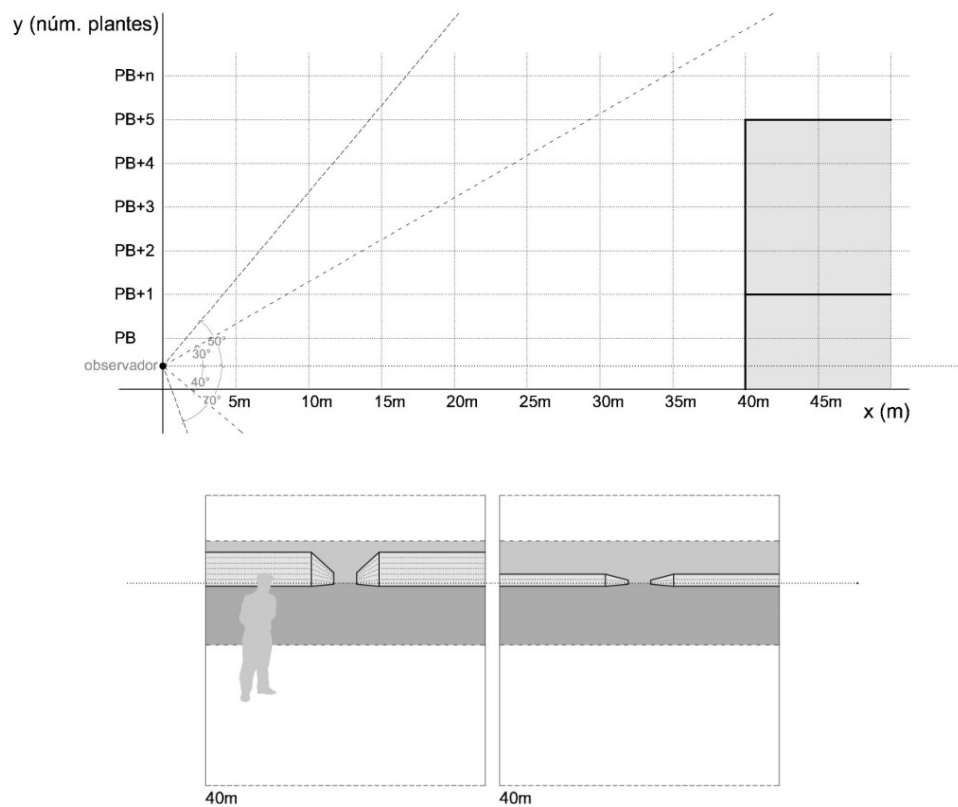
El primer exemple correspon a una trama densa (figura 47). En teixits urbans com un casc antic existeixen moltes obstruccions degut a la proximitat dels edificis. Les superfícies verticals i el paviment ocupen la major part de l'escena, mentre que el cel es veu poc, sobre tot si els edificis tenen una certa alçada. En aquest tipus de trama urbana és fàcil que es generin ombres molt contrastades sobre façanes i terres, especialment durant el solstici d'estiu. En canvi, a mida que s'avança cap al solstici d'hivern les zones en ombra cada cop són més sovintejades i el contrast entre superfícies, per tant, no és tan gran. L'existència de més o menys ombres dependrà de l'orientació dels carrers i la seva geometria.



**Figura 47:** gràfica de seccions i distàncies de visió de dues trames urbanes de densitat *alta* en planta, amb edificis de PB+1 i PB+5. Representació en perspectiva de les dues escenes visuals



**Figura 48:** gràfica de seccions i distàncies de visió de dues trames urbanes de densitat *mitja* en planta, amb edificis de PB+1 i PB+5. Representació en perspectiva de les dues escenes visuals



**Figura 49:** gràfica de seccions i distàncies de visió de dues trames urbanes de densitat *baixa* en planta, amb edificis de PB+1 i PB+5. Representació en perspectiva de les dues escenes visuals

Si la trama urbana és mitja (figura 48), augmenta la visió del paviment, que pren lloc a les façanes, i la visió del cel depèn principalment de l'alçada dels edificis. L'existència de zones en sol i en ombra en aquest tipus de trama està més equilibrada que en el cas anterior degut a la relació geomètrica entre l'ample i l'alt del carrer i la inclinació del sol, que permet un major accés solar a les seves superfícies. La irradiació en tot cas dependrà de l'estudi concret.

En canvi, quan la trama és dispersa (figura 49) hi ha una gran proporció de buit respecte al ple, i el paviment i el cel prenen més importància que les superfícies verticals. En aquesta situació les façanes estaran exposades a la llum depenent de la seva orientació, però no estan tan sotmeses a obstruccions per altres edificis. Precisament per això, hi ha més zones exposades al sol, i les escenes són generalment més clares.

A banda de les consideracions geomètriques, l'emplaçament o trama urbana es caracteritza pels seus colors (figura 50). El **color de l'entorn** urbà influeix en la lluminositat d'una ciutat determinant la distribució de superfícies fosques i clares en el camp visual de l'observador. Així com la trama urbana defineix el repartiment de superfícies en el camp visual, el color determina la lluminositat que poden arribar a tenir.



**Figura 50:** colors de teixits urbans de Mòdica, Roma i Nàpols

Generalment, els entorns urbans són heterogenis i estan acabats amb diferents materials i tonalitats, però en molts casos el conjunt dels colors d'un teixit urbà acostuma a seguir un mateix esquema que respon al tipus de materials locals, a normatives, tradició constructiva o altres. Atenent a aquesta premissa, s'ha dividit el color de l'entorn en tres categories segons el seu coeficient de reflexió, i es tradueixen en entorns de color fosc, mig o clar. Per exemple, al mediterrani els edificis tendeixen a estar acabats amb tonalitats clares, mentre que als països més freds els materials d'acabat acostumen a ser més foscos, en termes generals. També s'ha afegit una categoria anomenada heterogeni, i que correspon a entorns molt difícils de classificar, amb molta varietat de colors. Com que l'esquema de color de l'entorn determina en gran mesura el nivell d'adaptació lumínica abans d'entrar en un edifici, però sobre tot ho fa la imatge prèvia a l'entrada de l'edifici, l'anàlisi del color s'analitza amb més profunditat al següent apartat referent a l'entorn immediat de l'edifici.

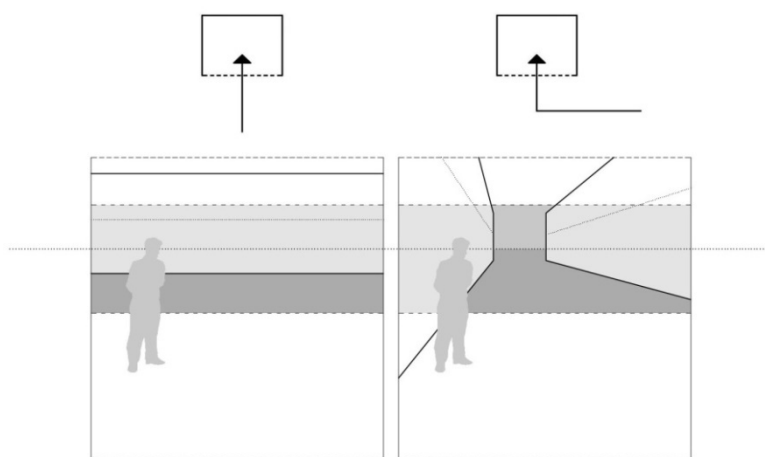
- **Entorn immediat**

L'aspecte de les escenes visuals en un entorn urbà mediterrani és sensible al tipus de trama i al color principal de les edificacions. Però si apropem el focus i ens fixem en l'entorn més proper, veiem que apareixen altres aspectes que influeixen en la imatge visual prèvia a l'entrada de l'edifici. Aquests aspectes són la manera d'accedir, tant en planta com en secció, així com

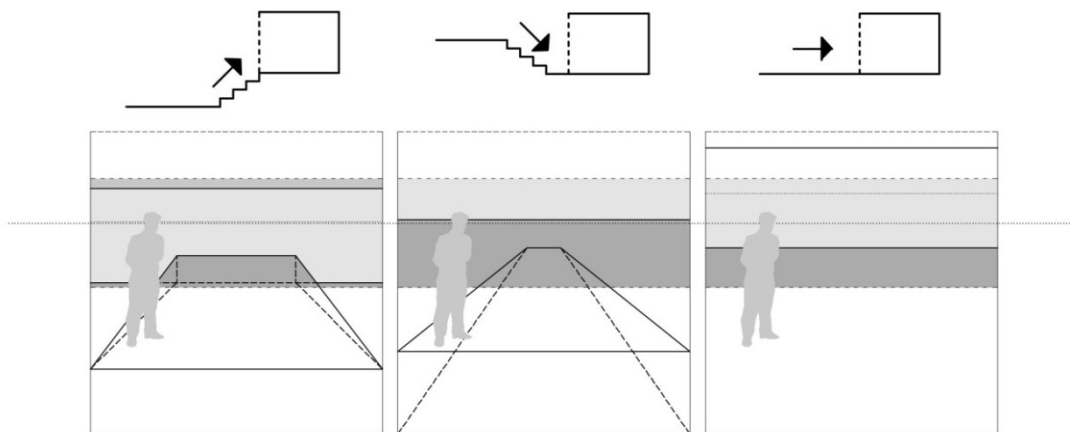
l'existència d'obstruccions horitzontals per sobre de la línia de visió. A més, també és important el color de la façana d'accés i la seva orientació.

El tipus d'accés en planta i en secció influeix en la composició de l'escena visual. La lluminositat de l'escena no es veu directament alterada pel tipus d'accés però sí la proporció de zones dins el camp visual (paviment, façanes i cel) i per tant la distribució de luminància en el camp visual. Pel que fa a l'**accés en planta**, es considera que hi ha dos maneres principals d'accedir a un edifici (figura 51). La primera és frontal, i es dona quan l'espai previ és una plaça o configuració espacial on la façana d'accés és perpendicular a la línia de visió de l'observador. En aquest cas, el color i la forma de la façana són molt importants perquè queden a la part central de l'escena, en una zona de màxima sensibilitat dins el camp visual. La segona manera d'accedir és lateral, i es produeix quan l'accés es fa a través d'un carrer i el punt d'entrada queda en posició paral·lela a la línia de visió de l'observador. La façana d'accés, en aquest cas, no és tan important perquè té menor presència que en l'altra situació, i per tant la distribució de superfícies dins l'escena visual és diferent. Existeix una tercera categoria corresponent a un accés *mixt*, i es donaria quan l'accés resulta ser una combinació dels dos anteriors.

A banda de l'accés en planta, és important com es produeix l'**accés en secció**. Com en el cas anterior, la lluminositat de l'escena no es veu directament alterada però sí la proporció de zones dins el camp visual. Les diferents maneres d'entrar a un edifici s'han resumit en tres: ascendent, descendent i pla (figura 52). Quan l'accés és pla, el repartiment de les zones dins l'escena visual es pot determinar per l'amplada dels carrers i l'alçada de les edificacions, com hem fet fins ara. Però quan canviem el punt de vista, la posició de les superfícies també canvia. Si l'accés és ascendent, la línia de l'horitzó s'eleva i el cel i la façana passen a ocupar una proporció més gran dins l'escena visual, ja que a més es produeix un desplaçament del paviment cap a la part inferior i fins i tot pot quedar fora de visió. Si l'accés és descendent, la línia de l'horitzó baixa i el paviment es converteix en la superfície més visible, desplaçant cap amunt el cel fins desaparèixer de l'escena. La façana, en aquest cas, també és una superfície molt visible.

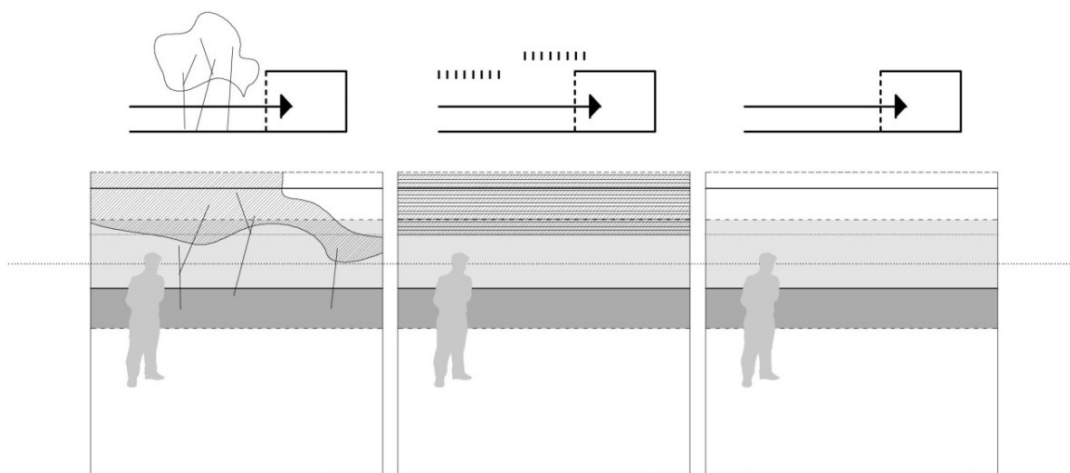


**Figura 51:** representació de l'accés en planta: frontal i lateral



**Figura 52:** representació de l'accés en secció: ascendent, descendent i pla

Un altre aspecte important dins l'escena visual és l'existència d'**obstruccions horitzontals** en l'entorn immediat. Aquest aspecte afecta sobre tot la quantitat de llum dins l'escena, i menys les proporcions dels elements. Les obstruccions horitzontals s'han dividit en vegetació, pèrgoles o cap en el cas que no n'hi hagi (figura 53). L'existència de vegetació o de pèrgoles té diferents conseqüències. Per una part, fa que la part superior del camp visual quedi ocupada per un element que no és el cel i que molt probablement sigui més fosca. D'altra banda, aquests elements projecten ombres que enfosqueixen part del paviment i fins i tot de les façanes, fent que l'escena visual perdi lluminositat en conjunt. La diferència entre la vegetació i la pèrgola rau en la permeabilitat a la llum i en el color. Una altra consideració és el tipus de vegetació, de fulla caduca o perenne, que varia estacionalment. En el cas que no hi hagi cap element d'obstrucció horitzontal, l'escena visual roman igual.



**Figura 53:** representació de les obstruccions horitzontals: vegetació, pèrgoles i sense cap obstrucció

Un cop analitzat l'entorn immediat en termes geomètrics, els dos aspectes restants estan relacionats amb la superfície on es produeix l'accés. Un d'ells és el **color de la façana** i l'altre la seva orientació. En el punt anterior s'ha tractat per sobre el tema del color predominant en un entorn urbà, però aquí es fa incidència en els efectes del color de la superfície on està situat



l'accés. Igual que en el cas anterior, s'han definit tres categories de color relacionades amb el coeficient de reflexió que són fosc, mig i clar.

El color de la façana no altera la composició de l'escena visual però sí l'aspecte de les seves superfícies. La lluminositat d'una façana ve donada per la quantitat de llum que reflexa, que és funció de la llum que li arriba i el coeficient de reflexió del material d'acabat. Per això, és evident que sota la mateixa llum incident, una façana blanca serà més lluminosa que una de color gris. De la mateixa manera, una façana blanca al sol és més lluminosa que la mateixa façana a l'ombra. El què no és tan evident és la comparació entre una façana mitja o fosca al sol i una façana blanca a l'ombra. Atenent a les luminàncies mesurades en els casos d'estudi de l'Annex I es dona el cas d'un edifici de façanes blanques (cas E.1) amb diferents tipus d'ombres: una més profunda i fosca ( $1174 \text{ cd/m}^2$ ) i una altra més exterior i clara ( $4648 \text{ cd/m}^2$ ). Comparant els valors d'aquestes ombres amb els mesuraments a ple sol dels altres casos, veiem que la luminància de l'ombra més clara dobla la de les façanes de color al sol, al voltant de  $2000 \text{ cd/m}^2$ .

Per conèixer la possible variació de luminància entre materials diferents, s'han calculat els coeficients de reflexió dels materials que apareixen en els edificis mesurats. Per fer-ho, s'han utilitzat els valors de luminància ( $L_{H,V}$ ) i il·luminància ( $E_{H,V}$ ) mesurats sobre un mateix punt d'una superfície i s'ha utilitzat la fórmula [1], considerant que les superfícies són difusores segons la llei de Lambert:

$$E_{V,H} \cdot r = \pi \cdot L_{V,H} \quad [1]$$









On,

$E_{V,H}$  és el valor d'il·luminància sobre la superfície vertical

$r$  és l'índex de reflexió del material

$L_{V,H}$  és la luminància de la superfície vertical

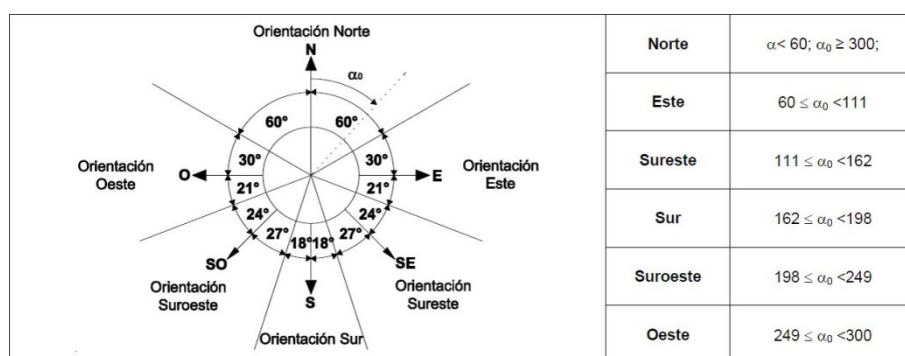
**Taula 4:** materials presents en els casos d'estudi i coeficients de reflexió calculats; entre parèntesi, el valor mitjà i en negreta, els valors màxims i mínims obtinguts

	Monocapa blanc	0.78-0.94 ( <b>0.86</b> )
	Arrebossat granate	0.21-0.26 (0.24)
	Arrebossat ocre	0.28-0.34 (0.32)
	Acer corten	0.05-0.36 ( <b>0.15</b> )
	Paviment llambordes	0.21-0.29 (0.22)
	Paviment pedra	0.19-0.21 (0.20)
	Paviment formigó	0.31-0.44 (0.39)
	Granit	0.23-0.37 (0.31)

A partir d'aquest càlcul, detallat a l'Annex I, s'han obtingut els coeficients de reflexió de la taula 4. En resum, els coeficients de reflexió dels materials dels casos d'estudi mesurats oscil·len entre 0.15 i 0.86, com a terme mitjà. Això vol dir que una superfície d'acer corten té un 85% menys del màxim de luminància que podria tenir si fos totalment reflectant. Al mateix temps, la superfície blanca només absorbeix un 15% de la llum incident i en reflecteix la resta. La diferència entre els dos valors és del 71%. Per il·lustrar-ho, si tenim una llum incident sobre un pla vertical de 50000 lx, una façana de monocapa blanc tindria una luminància de 13687 cd/m<sup>2</sup> mentre que una superfície d'acer corten tindria una luminància de 2387 cd/m<sup>2</sup>. La diferència és del 71% i a més, la façana de corten té un 17% de la luminància de la de monocapa blanc.

Els materials de construcció més habituals tenen coeficients de reflexió similars als que s'han calculat, tot i la gran variació existent en el mercat.

Per últim, i relacionat amb la lluminositat d'una superfície, és important conèixer l'**orientació de la façana d'accés**. L'orientació no afecta la composició de l'escena visual però sí la llum que emeten les seves superfícies. Així com en el cas anterior el color donava una idea de la llum que emet una superfície en funció de la que és capaç de reflectir, l'orientació indica, d'entrada, la quantitat de llum que li pot arribar per efecte del cosinus. Com s'ha dit en parlar de la llum com a fenomen, el nivell d'il·luminació que arriba a un punt és proporcional al cosinus de l'angle d'incidència, totalment relacionat amb l'orientació de les superfícies i la posició del raig incident en un moment determinat. Les orientacions principals són nord, sud, est, oest, però també pot ser una combinació, com es mostra a la figura 54.



**Figura 54:** taula d'orientació de les façanes segons l'angle que formen amb el Nord<sup>51</sup>

Un cop definida l'orientació, cal conèixer la posició del sol respecte la superfície. La posició del sol es defineix amb dos angles: l'azimut ( $\beta$ ), que és l'angle del raig incident respecte el nord, i l'altura solar ( $\alpha$ ) que és l'angle que forma amb el pla horitzontal. Aquesta posició varia amb el temps, tant al llarg del dia com al llarg de l'any, sent necessari fixar una data i hora per fer el càlcul, com s'ha fet en els casos de l'Annex I. El treball d'aquesta tesi s'ha centrat en el moment de màxima incidència solar, que són els dies propers al solstici d'estiu a les hores centrals del dia.

A partir de la relació trigonomètrica entre els angles que determinen la posició del sol i la normal a la superfície d'estudi es troba l'angle real d'incidència del sol sobre aquesta superfície

<sup>51</sup> Extret del CTE DB HE 1 Limitació de la demanda energètica

( $\gamma$ ). Si la superfície és horitzontal (paviment), l'angle  $\gamma$  és el complementari de l'altura solar. Si la superfície és vertical (façana), cal realitzar un càlcul per obtenir-lo. Com que la il·luminància és proporcional al cosinus de l'angle d'incidència ( $\cos \gamma$ ), quant més petit sigui l'angle més gran serà el cosinus i la il·luminància. Això correspon a un sol directe. Si l'angle és gran, el cosinus és petit i la il·luminància també, el que significa que el sol és rasant.

És evident que l'orientació d'una trama urbana és important per saber si les seves superfícies estan més exposades a sud i nord, o est i oest. En el cas de l'Eixample de Barcelona, la quadrícula és molt regular i les façanes de les illes estan igualment orientades a sud-est, sud-oest, nord-est i nord-oest. En altres trames amb illes o blocs més allargats, com les illes de Manhattan o el centre d'Amsterdam, o polígons residencials dels anys 60 i 70 del segle XX, les trames tenen una marcada orientació principal.

El càlcul de l'angle d'incidència del sol sobre les façanes es va fer pels casos d'estudi, com s'explica a l'Annex I. Les superfícies estudiades tenen diferents orientacions, però la posició del sol en tots els casos és semblant, ja que es va dur a terme en dies propers i hores al voltant del migdia solar. Els resultats obtinguts es mostren a la taula 5. En aquesta taula podem veure que els angles entre el sol i les façanes van donar resultats entre  $58^\circ$  i  $84^\circ$ , amb cosinus entre 0.10 i 0.53.

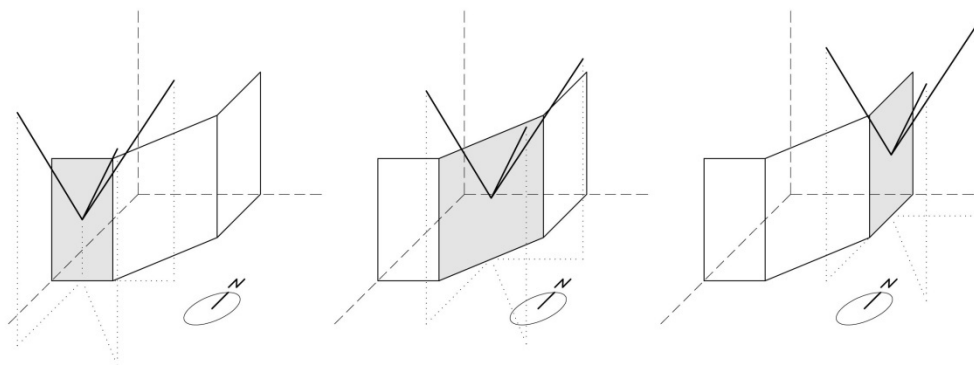
**Taula 5:** orientació de les façanes dels casos d'estudi, angles d'incidència solar ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), angle real entre el sol i el raig perpendicular a la superfície ( $\gamma$ ) i cosinus d'aquest angle ( $\cos \gamma$ )

	Orientació façanes	Azimut $\beta$ (interval i mitjana)	Altura solar $\alpha$ (interval i mitjana)	Angle entre sol i perpendicular superfície $\gamma$	Cos $\gamma$
E.1	O ( $272^\circ$ ) S ( $178^\circ$ )	$156^\circ$ - $210^\circ$ ( $183^\circ$ )	$66^\circ$ - $69^\circ$ ( $68^\circ$ )	$84^\circ$ $68^\circ$	0.10 0.37
E.2	SE ( $131^\circ$ )	$112^\circ$ - $133^\circ$ ( $183^\circ$ )	$52^\circ$ - $62^\circ$ ( $58^\circ$ )	$58^\circ$	0.53
E.3	SE ( $34^\circ$ ) SE ( $39^\circ$ )	$126^\circ$ - $158^\circ$ ( $183^\circ$ )	$60^\circ$ - $68^\circ$ ( $65^\circ$ )	$66^\circ$ $66^\circ$	0.41 0.41
E.4	E ( $165^\circ$ )	$126^\circ$ - $158^\circ$ ( $183^\circ$ )	$60^\circ$ - $68^\circ$ ( $65^\circ$ )	$80^\circ$	0.17
E.5	SE ( $30^\circ$ )	$140^\circ$ - $180^\circ$ ( $183^\circ$ )	$64^\circ$ - $69^\circ$ ( $68^\circ$ )	$73^\circ$	0.29

Per altra banda, es va fer el càlcul teòric de l'angle entre el sol i tres façanes a est, a sud-est i a sud, el dia amb més incidència solar de l'any (21 juny). Es va considerar que la façana a oest és simètrica, i que la façana nord no té incidència solar, per això no es van calcular. Els moments pels que es va fer el càlcul també van ser tres i corresponen a un sol provinent d'est, un de sud-est i un de sud (figura 55). Amb aquesta mostra es volia cobrir un ventall de situacions prou representatiu. Els resultats obtinguts es mostren a la Taula 6.

En el càlcul teòric de la taula 6 veiem que, a banda de les orientacions que són totalment rasants a la posició del sol en aquell moment, els valors de  $\cos \gamma$  es troben entre 0.22 per una façana sud-est a migdia (el mínim) i 0.92-0.95 per la façana sud-est i sud, respectivament, quan l'azimut és perpendicular a la façana. En el cas de la façana a est i sud-est, quan el sol és de matí, el cosinus està entre 0.56-0.60, de manera que la il·luminància es redueix en quasi bé la meitat. Si tenim en compte, a més, que el raig incident té més intensitat a migdia que al matí o la tarda, ja que ha de travessar menys volum d'atmosfera, veiem que les superfícies amb menys

pèrdua de lluminositat per orientació són, les properes a sud quan l'azimut és perpendicular a la superfície. De fet, els valors de la taula 5 confirmen aquest resultat.



**Figura 55:** representació d'una façana a sud, sud-est i est, amb el raig incident provinent de sud, sud-est i est

**Taula 6:** càlcul de l'angle  $\gamma$  i  $\cos \gamma$  entre façanes amb orientacions est, sud-est i sud i el sol amb diferents posicions (est, sud-est i sud)

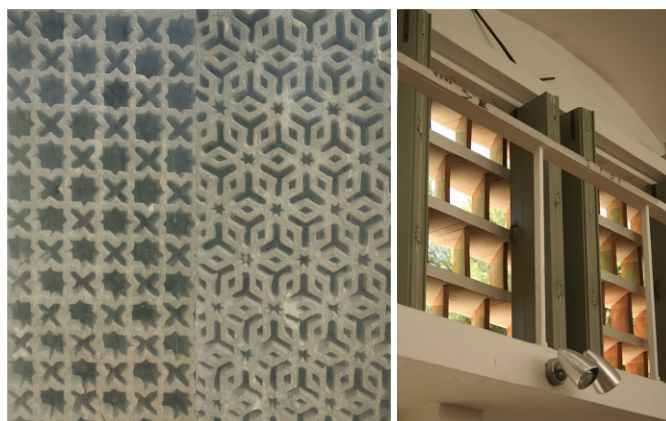
Orientació façanes (respecte al N)	$\gamma$ (est) ( $\beta=90^\circ$ $\alpha=37^\circ$ )	$\gamma$ (sud-est) ( $\beta=135^\circ$ $\alpha=67^\circ$ )	$\gamma$ (sud) ( $\beta=180^\circ$ $\alpha=72^\circ$ )	$\cos \gamma$ (est)	$\cos \gamma$ (sud-est)	$\cos \gamma$ (sud)
E ( $90^\circ$ )	$53^\circ$	$74^\circ$	$90^\circ$	0.60	0.28	0.00
SE ( $135^\circ$ )	$56^\circ$	$23^\circ$	$77^\circ$	0.56	0.92	0.22
S ( $180^\circ$ )	$90^\circ$	$74^\circ$	$18^\circ$	0.00	0.28	0.95

Si comparem la minoració de la il·luminància deguda al color o a l'orientació, veiem que en el primer cas es produeix una reducció entre el 14% i el 85% de la luminància que podria arribar a tenir una superfície. En el cas de l'orientació, la pèrdua de luminància per l'angle d'incidència va pràcticament del 100% a un 5% en una façana a sud a migdia. Per tant, els efectes del color sobre la lluminositat de les façanes és menor que el de l'orientació, que penalitza una mica més. Per posar un exemple de l'efecte de l'orientació i el color comparem dues façanes, una blanca i una ocre, amb  $r=0.86$  i  $r=0.32$ , respectivament, segons valors calculats a partir del treball de camp. Considerem, a més, que cada façana està orientada a sud i sud-est. Si la llum que els arriba és la de migdia, la façana que reflectiria més llum és la blanca a sud, i la que menys, l'ocre a sud-est, amb una diferència entre elles del 74%. La diferència més gran es produiria a causa de l'orientació (73%), mentre que el color suposaria una diferència lleugerament més petita (54%).

*Els principals aspectes que modifiquen la resposta visual d'un entorn urbà estan relacionats amb el tipus de teixit urbà, a gran escala, i la configuració de l'entorn immediat, a una escala més petita. És l'entorn més immediat el què determina la situació visual d'un usuari just abans d'entrar en un edifici, les condicions visuals prèvies a l'espai interior.*

### 2.3.2. La llum a l'interior de l'edifici

L'interior dels edificis mediterranis també està influït per les característiques climàtiques del lloc on es troben ubicats, ja que existeix una gran relació entre els alts nivells de radiació que hi ha a l'exterior i el tipus d'arquitectura. Tradicionalment, aquesta relació es basava en defugir l'excés de radiació a l'interior per evitar el sobreescalfament de l'edifici. Això ha donat com a resultat una arquitectura que preferia disminuir la visió de l'exterior i reconduir i filtrar la llum natural amb estratègies com persianes o gelosies que permetin l'entrada de llum reflectida i no de la radiació directa. A la figura 56 es mostren dos exemples de com reduir l'accés de radiació directa mitjançant diferents sistemes de control de pas: una gelosia de guix i una finestra amb peces ceràmiques que permeten la visió i l'entrada de llum segons la direcció. Aquestes solucions, a més, permeten una visió de l'exterior menys contrastada i una distribució de luminàncies a l'interior adequada al sistema visual. El tipus de filtre o element de control de la radiació canvia en funció del país i la cultura i el període de construcció, però la seva funció principal és la mateixa.



**Figura 56:** gelosies a la façana del Monestir de Rueda i lames ceràmiques a la Fundació Miró de Palma

Posteriorment, amb l'arribada dels sistemes artificials de control ambiental que permeten regular l'ambient d'un interior, va proliferar una arquitectura més transparent amb una major entrada de radiació, com succeeix en els exemples de la figura 57. Amb els anys, l'avenç en els sistemes de climatització i el desenvolupament de materials més eficients ha provocat, en molts casos, que es deixin de banda solucions enginyoses i de baix cost per controlar l'ambient interior. La finalitat de pensar en solucions que controlin l'ambient interior abans d'introduir sistemes artificials és reduir la demanda d'energia i necessària per condicionar els espais.

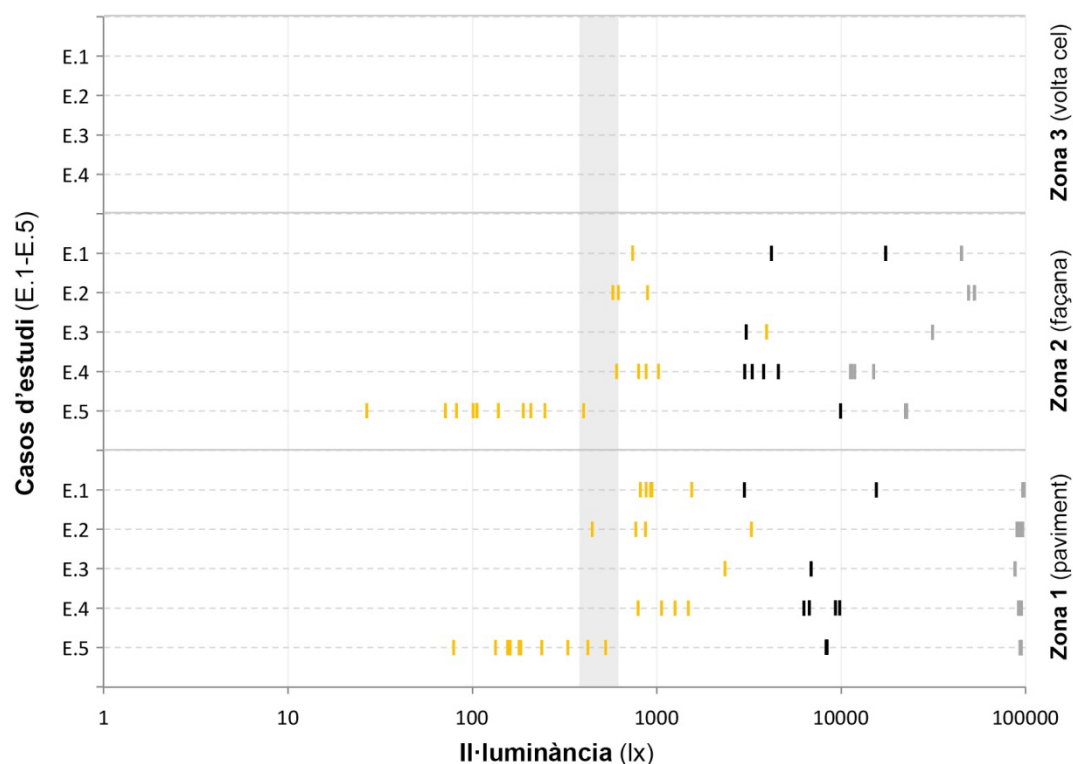
En el cas d'edificis amb grans panys de vidre de terra a sostre, per exemple, les mesures pel control de l'entrada de radiació dissenyades a partir de l'arquitectura eviten situacions de manca de confort visual degut a un contrast massa elevat de luminància dins el camp visual, però a més també permeten que no es produeixi un sobreescalfament de l'interior. Si no es porten a terme aquestes mesures prèvies, cal incorporar a posteriori sistemes artificials que millorin la visió i que evitin l'escalfament, augmentant considerablement la demanda energètica de l'edifici.



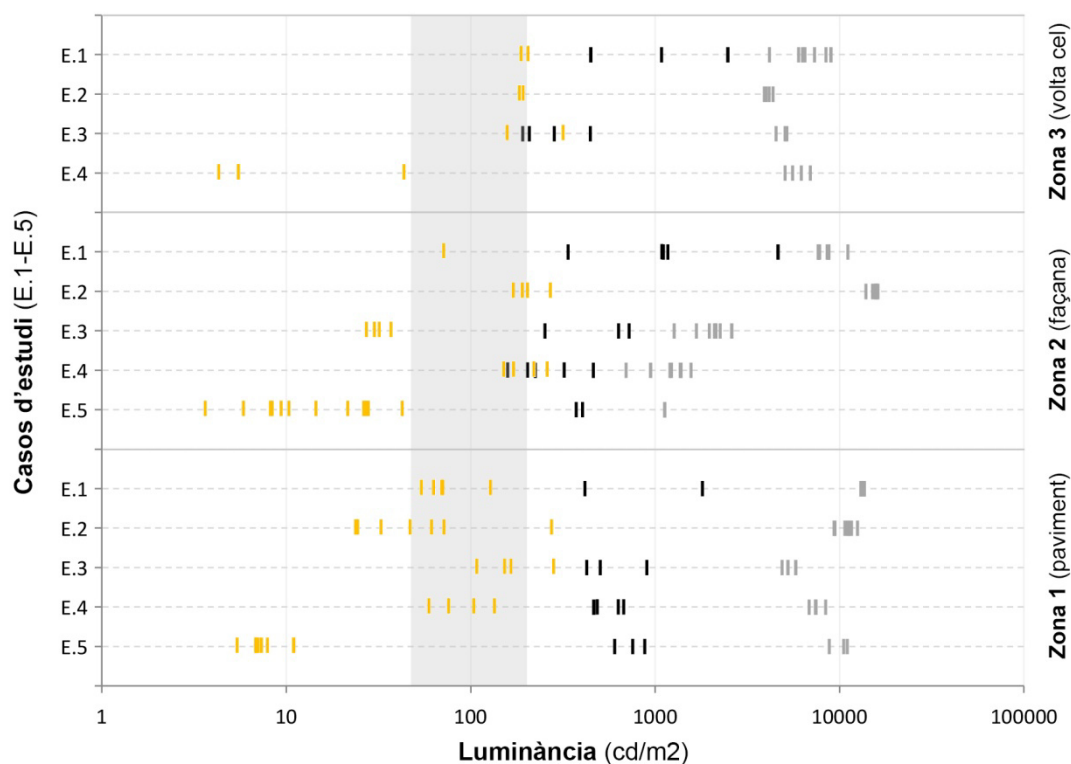
**Figura 57:** exemples d'arquitectura de vidre; edificis Trade a Barcelona (1965, J.A. Coderch), Glass House (1949, P. Johnson), Farnsworth House (1951, L.M. Van der Rohe)

L'arquitectura vernacular i la més moderna feta majoritàriament de vidre es troben en dos extrems oposats, ja sigui per un equilibri total de les luminàncies en un cas, com per la descompensació deguda a un contrast massa elevat en el segon. Malgrat tot, a les escenes visuals interiors d'un edifici es donen valors de luminància molt més baixos que a l'escena exterior. Si en un exterior hem vist que es pot arribar a luminàncies de 4000, 9000 o fins i tot 12000  $\text{cd/m}^2$  (punt 2.3.1 i Annex I), en un interior rarament es passa de 300  $\text{cd/m}^2$ . Segons la taula 2 del punt 2.3, en un interior ben il·luminat es pot arribar a 1000  $\text{cd/m}^2$ , tot i que els valors normals es situen entre 10 i 100  $\text{cd/m}^2$ . Aquests valors concorden amb els que es van mesurar als vestíbuls dels edificis de l'Annex II (figures 58 i 59), situats als mateixos entorns on es va mesurar l'escena visual exterior. Les mesures preses en paviments, parets i sostres dels vestíbuls, realitzats al mateix temps que les de l'exterior, mostren que la majoria de valors es trobava entre 3 i 260  $\text{cd/m}^2$ , excepte algun que despuntava per sobre degut a la proximitat a alguna font de llum. Les mesures realitzades als sostres van donar valors entre 4-155  $\text{cd/m}^2$ , les de les parets entre 3-265  $\text{cd/m}^2$  i les dels paviments entre 5-268  $\text{cd/m}^2$ . A les gràfiques s'ha introduït una franja gris amb els valors més habituals d'un espai interior.

Dels resultats dels mesuraments es poden fer diverses lectures, però de manera general es pot dir que en tots els casos l'aspecte de l'interior el determina principalment el material d'acabat. Aquesta afirmació es constata si comparem els valors d'il·luminància amb els de luminància. Mentre els primers donen valors similars, els segons mostren diferències notables entre ells degut a l'efecte de la reflexió del material. Així com en l'escena urbana es podia fer una estimació del repartiment de la llum, en el cas de l'interior és més difícil ja que la llum pot venir de punts molt diferents i el disseny de l'interiorisme modifica substancialment la lluminositat de l'espai.



**Figura 58:** gràfica resum amb les 3 zones de l'escena urbana i els valors d'il·luminància  $E$  (en escala logarítmica) mesurats a l'interior i l'exterior dels diferents casos d'estudi descrits a l'Annex I. En groc, els valors interiors; en gris, els valors al sol; en negre, els valors a l'ombra



**Figura 59:** gràfica resum amb les 3 zones de l'escena urbana i els valors de luminància  $L$  (en escala logarítmica) mesurats a l'interior i l'exterior dels diferents casos d'estudi descrits a l'Annex I. En groc, els valors interiors; en gris, els valors al sol; en negre, els valors a l'ombra



A banda de l'elecció dels materials, el fet que un interior tingui més o menys llum depèn de factors relacionats bàsicament en l'ús, com veurem al següent punt.

*Els interiors dels edificis són molt variats formalment, tot i les condicions ambientals que en condicionen el disseny. Per la seva capacitat de ser modificats, és la mà de l'home a través de l'ús que li dóna i el tipus d'usuaris, el que fa que un interior sigui més o menys lluminós. No obstant, es tracta d'espais considerablement més foscos que l'exterior mediterrani.*

### Aspectes que afecten l'interior de l'edifici

Al punt anterior hem vist que els aspectes susceptibles de modificar una escena visual exterior són bàsicament geomètrics, referents a dimensions i proporcions, o bé relacionats amb la naturalesa dels materials, fent que un exterior sigui més o menys lluminós. En canvi, quan es tracta d'un interior no ens referirem a una escena visual en concret sinó a la quantitat de llum que hi ha o s'espera que hi hagi. En tractar-se d'espais on es pot modelar la llum de manera natural o artificial, i amb una gran varietat de materials i configuracions possibles, la quantitat de llum depèn en gran mesura de l'ús i els seus usuaris i el règim temporal d'utilització de l'edifici. L'aspecte de les superfícies també intervé en l'aparença de l'espai, però en tractar-se de quantitats de llum més petites que a l'exterior, ens fixarem només en la intensitat de llum relacionada amb l'ús i el usuari.

Els usos a què pot estar destinat un edifici són molts, però en aquest apartat se n'han llistat alguns en funció dels requeriments visuals dels seus espais. Seguint aquest criteri, s'han dividit els edificis segons tinguin requeriments visuals alts, mitjos i baixos. Qualsevol altre que no aparegui a la llista es pot englobar en alguna d'aquestes categories. Totalment relacionat amb aquest punt hi ha el tipus d'usuaris, amb necessitats visuals diferents, com en el cas anterior. Per últim, s'ha afegit el règim temporal com aspecte relacionat amb la llum a l'interior de l'edifici ja que fa que la il·luminació tingui una component més natural o artificial segons el moment d'utilització dels seus espais.

		Requeriments visuals		
		Alts	Mitjos	Baixos
Ús		Docent	Administratiu	Religiós
		Sanitari	Residencial	
		Esportiu	Cultural	
		Comercial	Oci	
		Transport		
Usuaris	Edat	Grans (>60)	Adults (15-60)	Infants i joves (<15)
	Familiaritat amb l'espai	Esporàdics	Esporàdics + habituals	Habituals
Règim temporal	Continu irregular	Continu regular	Intensiu	Puntual

A continuació es detallen aquests aspectes i de quina manera influeixen en la visió de l'interior.



- Ús

L'ús de l'edifici és un dels principals factors que intervenen en la necessitat de llum en un interior. Diferents usos comporten diferents necessitats visuals que fan que l'espai hagi d'estar més o menys il·luminat. A l'hora de classificar els usos dels edificis per saber com són des del punt de vista lumínic, s'ha adoptat el criteri d'agrupar-los segons els requeriments visuals associats a l'activitat que s'hi duu a terme. Per això, s'han definit els tres grups esmentats anteriorment, requeriments visuals alts, mitjos i baixos. Aquesta classificació no és exacta però dóna una idea de la quantitat de llum que hi pot haver a l'edifici. Hi pot haver usos que no s'adeqüin exactament a aquesta classificació, i el què serà important és estudiar-los per determinar quines necessitats visuals implica la seva activitat.

Dins el primer grup amb requeriments visuals alts s'hi trobarien els edificis d'ús docent, sanitari, esportiu i comercial. En aquests usos es requereix un alt nivell lumínic per desenvolupar la tasca visual. A més, les expectatives lumíniques de l'interior són altes. A mig camí entre aquest grup i el següent hi ha els edificis relacionats amb el transport, on és necessària una bona visibilitat sobre tot per temes de seguretat. El segon grup el formen els edificis en els que la visibilitat és important però els requeriments visuals no són tan estrictes. A banda dels edificis associats al transport, hi hauria els edificis administratius i residencials, i també els usos culturals i d'oci. En els dos últims casos es tracta d'usos que poden variar des d'una biblioteca fins un restaurant, amb la varietat que hi pot haver entre un i altre. Per últim, s'ha considerat que els usos amb requeriments visuals més baixos són els religiosos. En aquest cas tampoc existeixen requeriments més enllà de la visibilitat; a més aquest tipus d'edifici sovint comporta un ús simbòlic de la llum i la penombra.

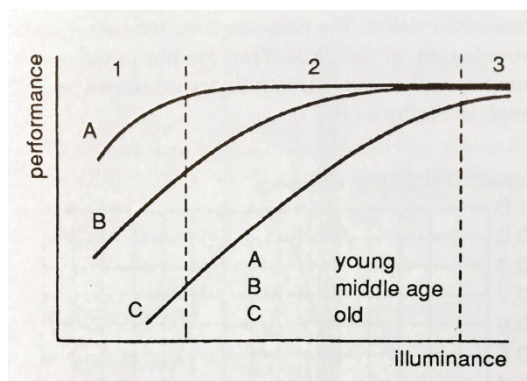
L'anterior classificació és difícil de generalitzar, ja que cada edifici és un món i la seva llum es dissenya de manera diferent. Per exemple, un restaurant pot tenir molta llum quan s'hi serveix menjar ràpid, però molt poca llum situada estratègicament quan es tracta d'un espai més íntim o més luxós. És especialment en els usos culturals i d'oci on hi ha més varietat entre uns espais i altres. No és el mateix un museu destinat a mostrar gravats de petit format que un espai per a l'art contemporani de gran format. Tampoc ho és un bar de copes que el bar d'un casal de barri. Amb tot això, es fa palès que hi ha una component cultural i de disseny que no es pot controlar, i que fa que les escenes visuals interiors siguin molt variades i complexes malgrat els requeriments visuals associats als seus espais.

- Usuaris

L'activitat que es duu a terme en un edifici està relacionada amb el tipus d'usuaris. En funció d'aquest paràmetre, les persones que utilitzen els edificis poden ser d'un perfil determinat, homogeni, o bé estar totalment barrejats. Pel que fa a les seves expectatives i requeriments visuals, és important conèixer la seva edat i familiaritat amb l'espai.

En primer lloc, l'edat dels usuaris determina que els requeriments visuals siguin més o menys alts, ja que el rendiment visual disminueix amb l'edat (figura 60). Dins aquesta categoria trobem la gent gran (>60 anys), que té els requeriments visuals més alts. En una situació intermèdia hi

ha els adults (15-60 anys), amb requeriments visuals mitjos. Els infants i joves (<15 anys) són els que tenen els requeriments visuals més baixos.



**Figura 60:** rendiment visual a diferents nivells d'il·luminància per diferents grups d'edat, joves, adults i gent gran<sup>52</sup>

Si bé la majoria d'edificis són utilitzats per grups mixtes, hi ha cops que la major part dels usuaris es troba dins d'alguna d'aquestes franges d'edat. En aquests casos, la il·luminació ha de suplir les mancances que puguin ser produïdes per l'edat augmentant el nivell en determinats casos, o millorant el contrast per una millor visibilitat en altres. Una menció especial la tenen les persones amb deficiències visuals, que formarien un grup apart no exactament relacionat amb l'edat sinó amb determinades patologies.

No menys important és la **familiaritat amb l'espai** per part dels usuaris. Pel que fa a aquesta categoria, hi pot haver tres situacions, usuaris esporàdics, esporàdics + habituals, i habituals. Les persones que coneixen un espai són capaces de moure's per ell sense problemes, fins i tot en situacions gairebé de foscor. Per això, els espais per persones que utilitzen habitualment un espai no és necessari que estiguin excessivament il·luminades si no es desitja. No obstant, quan els usuaris no coneixen l'espai és necessària una major aportació de llum perquè s'hi puguin orientar. Un espai amb poca llum pot resultar inquietant per qui no el coneix, mentre que per un usuari familiaritzat gairebé no necessita més informació visual que la que té, com passa quan una persona es mou per casa seva durant la nit amb els llums apagats.

En els edificis, la familiaritat dels usuaris amb l'espai està relacionat amb l'ús. Per exemple, en un edifici d'habitatges o oficines les persones coneixen l'espai. En canvi, en un restaurant o un museu, els usuaris principalment no estan familiaritzats amb l'espai. Molts cops la situació és intermèdia, espais que són utilitzats per persones que hi acudeixen per primer cop amb altres que ja l'han visitat diverses vegades.

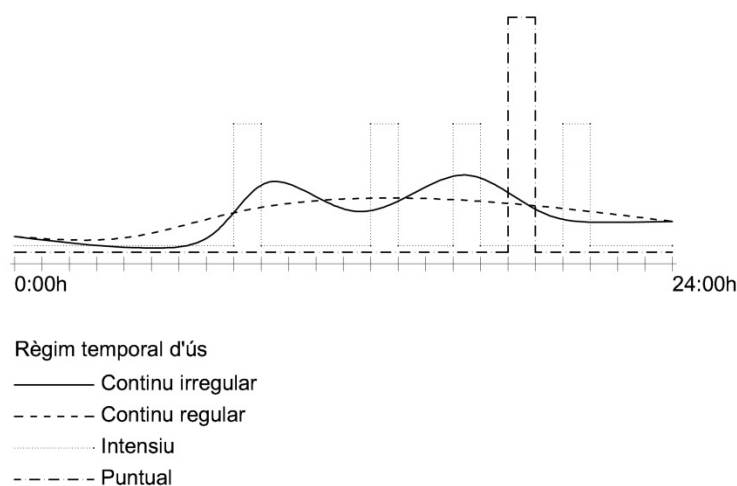
Aquest aspecte té a veure amb la necessitat d'orientar-se bé i reconèixer l'espai, que es tradueix en el disseny d'una il·luminació amb nivells més alts i la posició de superfícies il·luminades estratègicament.

<sup>52</sup> Extet de: Baker N., Fanchiotti A., Steemers K. Daylighting in architecture: a European reference book

- Règim temporal

La tercera categoria que influeix en les característiques lumíniques de l'interior de l'edifici és el **règim temporal d'ús**. S'ha considerat important introduir aquest aspecte per conèixer la simultaneïtat de l'ús de l'edifici amb determinades condicions exteriors. A la definició dels escenaris exteriors s'ha parametritzat el cas més desfavorable per l'adaptació visual, que es dona a les hores centrals del dia tipus d'estiu. Si el règim temporal d'ús de l'edifici coincideix amb aquestes hores, es donarà una situació en la qual hi haurà un salt molt gran entre la quantitat i distribució de llum a l'exterior i a l'interior. Si no coincideixen, com seria el cas d'un auditori que només funcionés de nit, aquest problema no existeix. La distribució dels usuaris al llarg d'una seqüència temporal d'un dia pot tenir un perfil com els que es mostren a la figura 61:

- Continu irregular, quan els usuaris accedeixen indistintament durant tot el dia, però més a unes hores que a unes altres. Aquest seria el cas d'un edifici administratiu on, a banda dels propis usuaris que es concentren a determinades hores, hi ha una afluència de públic que es reparteix durant el dia. Si és irregular, caldria veure si el règim horari coincideix amb les hores centrals del dia.
- Continu regular, quan els usuaris accedeixen indistintament durant tot el dia, independentment de l'hora. Un exemple seria un centre comercial, on bàsicament tot el temps hi ha gent fent ús de manera continuada de l'edifici. Els edificis residencials també responen a aquest patró.
- Intensiu, quan l'ús es concentra en determinades franges de temps. És el cas d'edificis subjectes a horari, com les escoles o els cinemes, en els quals l'entrada es produeix durant un lapse de temps relativament curt i amb un horari fixe.
- Puntual, quan l'ús que es fa de l'edifici es produeix en un o determinats moments del dia, o fins i tot del mes o l'any. És el cas dels auditoris, centres esportius, que resten tancats la major part del temps.



**Figura 61:** distribució d'usuaris en una seqüència de temps

Els esquemes esmentats responen a uns perfils genèrics d'ús de l'edifici. Aquesta distribució podria variar en intensitat i en posició respecte les hores del dia, per tant caldria fer un estudi exhaustiu del perfil d'ús de l'edifici en cada cas. La coincidència amb els moments de major incidència solar portarien a haver d'estudiar la transició lumínica entre l'interior i l'exterior de

l'edifici, objecte d'aquesta tesi. En tot cas, les condicions visuals a l'exterior en el moment d'accedir a l'edifici són importants pel fet d'establir el nivell d'adaptació de l'usuari a les condicions interiors. Si s'accedeix a un interior durant les hores que no hi ha sol caldrà evitar un nivell lumínic excessiu per contrast. Si l'accés es produeix durant el dia, s'haurà de tenir en compte que el sistema visual necessita temps per adaptar-se a les condicions de l'interior i serà necessari augmentar puntualment el nivell.

*Els usuaris d'un edifici i el seu comportament són l'aspecte més susceptible d'intervenir en la quantitat de llum esperada en un interior. Encara que molts edificis siguin mixtos en quant al tipus d'usuaris, la majoria d'ells té un perfil definit pel que fa al tipus, edat, familiaritat i règim temporal d'ús.*

## PART II – L'ACCÉS A L'ARQUITECTURA

*Què són i com són els espais de transició? Quines necessitats visuals tenen els seus usuaris en recórrer l'entrada de l'edifici? Com són aquests espais a l'arquitectura mediterrània?*



### Cap. 3 La importància del recorregut

Entrar a un edifici és una acció que no inicia al llindar d'una porta o en un vestíbul d'entrada, sinó que comença abans, en els espais exteriors que precedeixen l'edifici. L'experiència de l'arquitectura comença amb l'aproximació, amb un recorregut que acompanya el visitant i li aporta diferents sensacions. De vegades amb la visió total del lloc on es dirigeix, de vegades descobrint-lo entre la vegetació i d'altres entrant-hi gairebé sense adonar-se'n.

A l'arquitectura trobem exemples magnífics d'edificis que han estat pensats del punt de vista de l'accés i el seu recorregut. Ja a l'antiga Grècia, la distribució dels pavellons i el temple del Partenó a l'Acròpoli d'Atenes mostren la seva grandesa des del traçat del recorregut i les visuals que es generen en accedir-hi. El camí ascendent, l'escala en zig-zag abans del Propileu i el marc que genera aquest espai, i al final la visió obliqua del Partenó des d'un punt més baix configuren un recorregut que ha estat pensat per la visió magnífica del temple (figura 62).



**Figura 62:** recorregut d'accés a l'Acròpoli d'Atenes<sup>53</sup>

A *La idea del espació en la arquitectura griega*, de R.D. Martienssen, l'autor realitza una anàlisi de sis recintes sagrats grecs des del punt de vista del recorregut i les visuals generades durant el trajecte d'accés als temples. En l'anàlisi destaca l'emplaçament, que determina la disposició del conjunt, i la necessitat d'una dimensió suplementària entre l'entrada pròpiament dita i el temple que generi una transició necessària per la seva contemplació. Com idees interessants senyala l'existència del Propileu en alguns dels casos analitzats, per controlar la visual de l'espai i el temple situat a continuació, i accentuar la profunditat amb la seva forma per prolongar el sentiment de transició experimentat per qui hi circula. En altres temples s'accentua la voluntat d'intervenir en unes visuals del conjunt pensades per magnificar el temple, el veritable destí del recorregut. De vegades s'aconsegueix amb la topografia, generant plataformes a diferents nivells on es produeixen canvis de direcció i de visuals, i altres vegades és la posició estratègica

<sup>53</sup> Imatge extreta de: Ching F. Arquitectura: forma, espació y orden

d'elements de referència en el recinte allò que genera un recorregut per tenir diferents vistes del temple<sup>54</sup>.

Deixem enrere l'antiga Grècia i avancem fins al segle XX. Un dels arquitectes que parla explícitament del recorregut com experiència formal és Le Corbusier, amb obres que s'expliquen a través del concepte de *promenade architecturale*. De fet, en els seus escrits anomena el recorregut de l'Acròpoli que hem esmentat abans i el descriu com una manera de viure l'experiència espacial a través del moviment i de les diferents vistes que es creen<sup>55</sup>. Algunes de les seves obres com la Ville la Roche a Paris, la Ville Savoye a Poissy o la Casa Curutchet a La Plata, Buenos Aires (figura 63), tenen com a base compositiva aquesta idea basada en l'arquitectura viscuda des del moviment. En aquests exemples el recorregut està pensat sobre tot des de l'interior, tot i que en el cas de la Ville Savoye el recorregut d'aproximació està lligat a la visió frontal de la casa, que s'ha de recórrer fins la part posterior per poder entrar.



**Figura 63:** Ville la Roche a Paris (1925), Ville Savoye a Poissy (1929) i casa Curutchet a La Plata, Buenos Aires (1953), obres de Le Corbusier

Per il·lustrar la importància de la percepció dinàmica en l'arquitectura, Le Corbusier explica, en un capítol dedicat a la il·lusió de les plantes<sup>56</sup>, dos exemples d'arquitectures des del punt de vista de l'experiència produïda en entrar-hi. El primer fa referència a la mesquita de Bursa: [...] *A Bursa, a l'Àsia Menor, a la MESQUITA VERDA, s'hi entra per una porta petita, a escala humana; un vestíbul ben petit us canvia d'escala perquè pugueu apreciar, venint de les dimensions de fora, les noves dimensions que ara hauran d'impressionar-vos. Aleshores sentiu la grandesa de la Mesquita i els vostres ulls mesuren. Sou dins d'un gran espai blanc de marbre, inundat de llum [...]*. El següent exemple que utilitza és el d'una casa de Pompeia: [...] *CASA DEL NOCE, a Pompeia. Una altra vegada el petit vestíbul que esborra el carrer del vostre esperit. I us trobeu al Cavaedium (atri); quatre columnes al mig (quatre cilindres) que s'enlairen senceres cap a l'ombra de la teulada, sensació de força i testimoni de mitjans poderosos; al darrere, però, l'esclat del jardí vist a través del peristil que desplega la llum amb un gest d'amplitud, la distribueix, l'evidencia en allargar-se a banda i banda i genera un gran espai; enmig, el tabulí que recull aquesta visió com l'ocular d'un aparell. A la dreta i a l'esquerra dos espais d'ombra, petits. Del carrer de tothom i del formigueig, ple d'accidents, heu entrat a casa d'un Romà. [...]*. En els dos exemples destaca el canvi d'escala entre l'espai d'accés i l'interior, que fa que es magnifiqui i sigui vist en tota la seva plenitud. També incideix en les visuals que es generen a

<sup>54</sup> R.D. Martienssen. La idea del espacio en la arquitectura griega

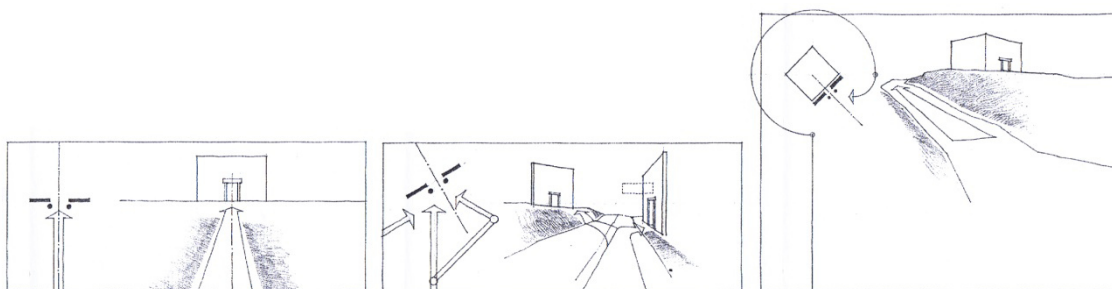
<sup>55</sup> Le Corbusier. El viaje de oriente

<sup>56</sup> Le Corbusier. Cap a una arquitectura. P.192-195.



través de l'espai i la utilització d'espais en llum i en ombra. Tot plegat, per generar sensacions que van més enllà del simple fet d'entrar a un edifici i que estan relacionades amb el moviment per l'espai.

En termes formals, les maneres bàsiques d'aproximar-se a un edifici es poden reduir a tres (figura 64): frontalment, lateralment i en espiral<sup>57</sup>. Val a dir que quan l'edifici està aïllat hi ha més llibertat per intervenir en la manera d'entrar a l'edifici, ja que es disposa de suficient espai per traçar un recorregut a mida. No obstant, en entorns més construïts com teixits urbans mitjanament densos és més difícil. El tipus d'accés modifica la composició de l'escena visual, com hem vist en el capítol anterior, però al mateix temps té una gran repercussió estètica.



**Figura 64:** diferents maneres d'aproximar-se a un edifici: frontal, lateral i en espiral<sup>58</sup>

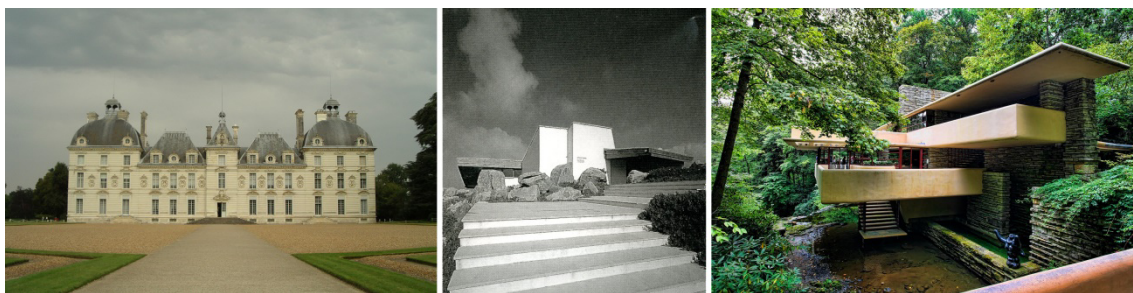
Quan accedim de manera frontal a un edifici, aquest es troba sempre al davant nostre i n'anem descobrint els detalls a mida que ens hi aproximem. Si no hi ha elements que l'ocultin, l'edifici va ocupant cada cop més proporció dins el camp visual, fins que s'arriba a l'interior. Si hi ha elements que l'oculten parcialment com vegetació, l'edifici anirà apareixent i desapareixent de l'escena visual. En arribar al punt d'entrada, l'escena visual no pateix un canvi brusc en, ja que la transició s'ha produït de manera progressiva.

En canvi, en aproximacions laterals el punt d'accés pot quedar ocult fins el moment d'entrar i mentrestant l'edifici és vist en escorç. L'escena visual aquí la constitueix el carrer, si és un espai urbà, o el propi edifici, si és aïllat. Quan es produeix el gir per entrar a l'edifici, el camp visual experimenta un canvi de focus en pocs segons, passant d'una escena exterior lateral a una frontal. Aquesta és la manera més comú d'accedir als edificis en entorns urbans. En aquest cas cal recórrer a elements que sobresurtin de les façanes i altres indicadors que aportin informació sobre el punt d'entrada.

La tercera opció és més complexa ja que té característiques dels dos casos anteriors. Quan s'accedeix a un edifici per un recorregut en espiral, hi ha una primera visió de l'edifici des de la llunyania, però la perspectiva va canviant a mida que ens hi apropem i es va observant des de diferents angles, fins arribar al punt d'entrada que ha estat ocult fins aleshores. En aquest tipus d'aproximació les escenes visuals van canviant i adopten diferents formes i il·luminacions, ja que la posició del sol respecte l'observador va canviant amb el moviment.

<sup>57</sup> Ching F. Arquitectura: forma, espacio y orden

<sup>58</sup> Ching F. Arquitectura: forma, espacio y orden

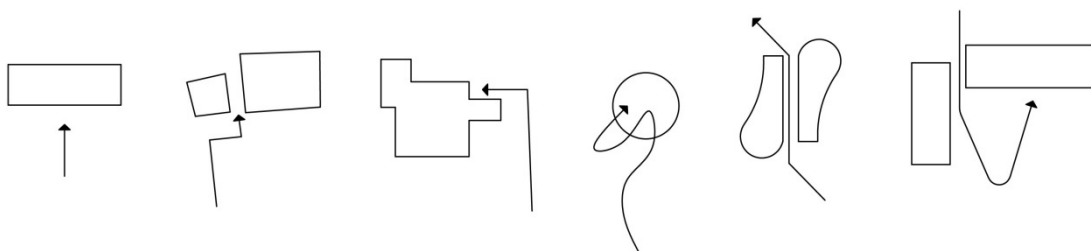


**Figura 65:** Castell de Cheverny (1620, B. de Blois), Casa de Té Boa Nova a Leça da Palmeira (1963, A. Siza), Casa Kaufmann a Pensilvania (1939, F. Ll. Wright)



**Figura 66:** Museu d'Art Modern a Niteroy (1996, O. Niemeyer), Carpenter Arts Center (1963, Le Corbusier), Hedmark Museum (1967-2005,, S. Fehn)

Els exemples mostrats a les figures 65 i 66 responen als tipus d'aproximació descrits més amunt. En el cas del castell de Cheverny, l'accés és en línia recta i frontal. Una mica més complex és el cas de la Casa de Té a Boa Nova, on l'aproximació es fa en línia recta però no centrada amb la porta d'entrada i a més en ascensió; un gir en l'últim moment genera un canvi de direcció per accedir a la porta. A la casa Kaufmann, l'aproximació es fa per un lateral que permet veure la casa amb un canvi constant del punt de vista, i el final del recorregut o porta d'entrada es troba amagat a la part posterior de la casa. En els exemples de la figura 66, el recorregut es fa a través d'una rampa, però de diferents maneres. A Niteroy el recorregut és sinuós, mentre que al Carpenter Arts Center i al Hedmark Museum, el traçat té dues o tres direccions rectilínies però la particularitat és que travessen l'edifici per tornar a sortir a l'exterior. A la figura 67 es mostren els esquemes de la manera com s'accedeix a aquests edificis, ja sigui segons un traçat únic o compost.



**Figura 67:** diferents esquemes d'entrada corresponents a les dues figures anteriors

*L'accés als edificis comença en el recorregut d'entrada, que varia notablement la percepció del conjunt i l'experiència arquitectònica. N'hi ha de diferents tipus, segons l'efecte que es vulgui generar en l'observador i les necessitats del lloc.*

## Cap. 4 Què són els espais de transició

### 4.1 Definició, característiques i funcions

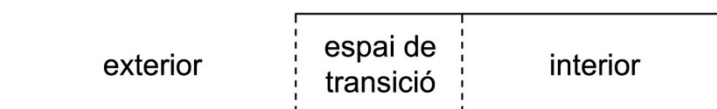
Hem vist que l'arquitectura està feta de recorreguts que uneixen l'exterior i l'interior dels edificis i que aquests poden ser de diferents maneres en funció del traçat, dels elements que es troben pel camí, etc. En tots els casos, hi ha un moment en què es produeix una transició cap a l'interior de l'edifici. Quasi sempre, l'espai on té lloc es pot acotar fàcilment i està molt ben delimitat. En altres, però, els límits no són clars i la transició es produeix de manera gradual travessant diferents configuracions espacials. En tot cas, podem afirmar que existeix un lloc més o menys complex on es produeix aquest pas, que és l'espai de transició.

Si atenem a l'etimologia dels dos termes, el Diccionari de la Llengua Catalana defineix *espai* com el *medi on s'estableixen les relacions entre el sistema físic i l'activitat humana*<sup>59</sup>. En el cas de *transició*, la definició més completa la trobem al Diccionari de la Lengua Española, que la descriu com la *acción y efecto de pasar de un modo de ser o estar a otro distinto*<sup>60</sup>. Si agrupem les dues definicions, un espai de transició seria el medi on s'estableix la relació entre una manera d'estar a una altra. En el cas d'aquesta tesi, les maneres d'estar fan referència a l'interior i exterior de l'edifici.



**Figura 68:** tradició i modernitat en dos espais de transició als edificis: habitatge popular a Arcos de la Frontera i hall d'entrada al Seagram Building (1958, M. van der Rohe)

L'espai de transició pot fer referència a espais intermedis, no necessàriament de pas, en els quals es produeix un intercanvi entre les condicions ambientals interiors i exteriors, com són els balcons, galeries, verandes i altres, a cavall entre les dues situacions. No obstant, els espais de transició entre interior i exterior que es tracten en aquesta tesi són els **espais, o conjunt d'espais que conformen el recorregut d'entrada o sortida de l'edifici a les persones** (figura 69).



**Figura 69:** posició i relació de l'espai de transició

<sup>59</sup> Institut d'Estudis Catalans. Diccionari de la Llengua Catalana. Enciclopèdia Catalana S.A. i Edicions 62 S.A.

<sup>60</sup> Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española.

Per referir-nos a aquests espais i diferenciar-los dels que no serveixen de pas entre l'exterior i l'interior, els anomenarem espais d'accés, ja que aquest terme fa referència exclusivament als espais que donen entrada als edificis.

En arquitectura rarament s'utilitza el terme espai d'accés i menys encara espai de transició; per referir-s'hi més aviat s'adopten altres denominacions com: *vestíbul*, *hall*, *rebedor*, *foyer*, *avantsala*, *lobby* o altres. Molts cops, el mot emprat és simplement *entrada*. Generalment, amb aquesta definició es pensa en un tipus d'espai tancat i cobert que es troba a l'interior de l'edifici, que acostuma a ser el més habitual. No obstant, l'accés a un edifici pot tenir solucions més riques, que fins i tot es poden combinar entre elles per crear un recorregut d'entrada (figura 70); per això en aquesta tesi s'amplia la definició d'espais de transició al **conjunt d'espais coberts i descoberts, amb parets o sense, que formen part de l'accés a l'edifici, com porxos i patis**<sup>61</sup>.



**Figura 70:** l'accés a la casa Curutchet (1953, Le Corbusier) a La Plata, Buenos Aires, està format per una porta, un pati i uns porxos connectats per la rampa que comunica les plantes

Pel fet de formar part del recorregut que uneix l'exterior amb l'interior de l'edifici, aquests espais tenen unes **funcions bàsiques**, que són:

- Procurar i facilitar el **pas** o **circulació** entre els dos medis, l'exterior i l'interior de l'edifici
- Permetre i facilitar l'**orientació** dels usuaris durant el recorregut i en l'espai
- Proporcionar una **imatge** adequada a l'ús i el caràcter de l'edifici

En referència al primer punt, és interessant la definició de *Zone of Transition* feta per Lou Michel<sup>62</sup> on estableix la necessitat de l'existència d'una zona on es produeixi el canvi entre la situació visual de l'exterior i de l'interior, de manera que la seva funció sigui facilitar la feina al sistema visual per tal d'adaptar-se a lluminositats molt diferents.

A més de les funcions bàsiques esmentades, aquests espais poden assumir funcions addicionals. Principalment, la seva posició en contacte directe amb l'exterior fa que es puguin utilitzar com una extensió del carrer o bé com una extensió de l'edifici, segons es desitgi. Segons això, la seva utilitat pot adoptar múltiples facetes, gairebé tantes com usos pot tenir un edifici. Més endavant s'han descrit algunes d'aquestes funcions addicionals més destacables, associades a

---

<sup>61</sup> Al final de la Part II s'han afegit les definicions etimològiques dels termes utilitzats així com un llistat de sinònims i la seva traducció a altres idiomes.

<sup>62</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light

aspectes relacionats amb l'ús i caràcter que els usuaris donen a l'espai, alguns d'ells contraposats, com són la domesticitat o la monumentalitat, el control del pas o la continuïtat de l'espai, la multi funcionalitat o la funció subordinada.

*Els espais d'accés als edificis tenen unes funcions bàsiques que són donar pas, orientar els usuaris i representar l'edifici. Per donar resposta a aquestes funcions més endavant veurem quines formes adopten.*

## 4.2 Necessitats visuals

En el seu llibre *Perception and lighting as formgivers for architecture*, William M.C. Lam dedica tot un capítol a descriure les necessitats biològiques i les relacionades amb alguna activitat que necessiten d'informació visual. Entre altres coses, diu: “[...] as human beings we evaluate an environment according to how well that environment is structured, organized, and illuminated to satisfy all of our needs for **visual information**. These needs derive from both the activities in which we choose to engage and the biological information needs related to the very essentials of human nature which are always present regardless of the specific activity which holds our attention at any one time [...]”<sup>63</sup>.



**Figura 71:** escenes amb diferent càrrega d'informació visual; carrer comercial al Japó i espai “entre catedrals” a Cádiz (2009, A. Campo Baeza)

La informació visual és molt necessària per poder dur a terme satisfactòriament l'activitat o tasca visual encomanada, que en el context d'aquesta tesi consisteix bàsicament en circular i orientar-se. Les funcions que tenen els espais de transició i que hem esmentat al capítol anterior són, proporcionar el pas entre dos medis, facilitar l'orientació de les persones que circulen i dotar d'una imatge adequada l'espai. A continuació, veiem quines són les característiques de cada una d'aquestes funcions, punt per punt.

El **pas** de l'exterior a l'interior està lligat al **moviment** i al **temps**. Un dels efectes del moviment és un canvi constant de la composició de l'escena visual. Quan una persona circula, els elements dels seu entorn apareixen i desapareixen, i al mateix temps canvien de mida i posició dins el camp visual. Aquest fet és percebut de manera natural i gens traumàtica, però fa que la lluminositat mitjana de l'escena i de les superfícies que es troben a la zona més sensible del camp visual vagin canviant, i per tant, que la vista s'hagi d'anar adaptant constantment a diferents nivells de llum. Aquesta adaptació es fa de manera progressiva i natural, a través de

---

<sup>63</sup> Lam, William M. C. *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*

mecanismes que formen part del procés de visió, però la transició entre exterior i interior acostuma a ser bastant ràpida i el temps pot ser insuficient per fer-ho amb comoditat. L'ús d'aquests espais durant un temps relativament curt en què canvien les condicions visuals ràpidament dificulta l'adaptació, i fa que haguem d'actuar a través del disseny per minimitzar els seus efectes. Val a afegir que quan el moviment es produeix entre un exterior molt lluminós i un interior molt més fosc, suposa una situació extrema, tot i que es poden donar situacions intermèdies en que la diferència no és tan gran. No obstant, en situacions extremes és quan l'adaptació juga un paper més important. De fet, un dels obstacles a evitar mitjançant el disseny lumínic és l'adaptació visual, per això, entendre aquest procés és segurament un dels principis més importants que el dissenyador ha d'afrontar<sup>64</sup>.

La segona funció atribuïble als espais de transició és facilitar l'**orientació** als seus usuaris. Aquest punt és on la informació visual és més necessària, ja que la satisfacció de la necessitat d'orientació depèn totalment de la correcta visió de l'espai. Per poder orientar-se adequadament cal que l'espai sigui perfectament recognoscible, la qual cosa vol dir que les seves superfícies s'han de veure correctament. En un espai de transició serà molt important la visió correcta de terra i parets, ja que contenen la informació bàsica perquè un usuari pugui caminar amb seguretat i identificar el seu destí. A més, quan es circula per un espai que no es coneix o es coneix poc, la visió es produeix en mode exploratiu<sup>65</sup>, és a dir, es canvia constantment el focus de visió per esbrinar cap on dirigir-se. Un altre aspecte important pel que fa a l'orientació és la visió de l'exterior i/o de l'espai contigu. Amb això, a més de facilitar-se l'orientació, s'aporta informació de caire temporal respecte l'hora del dia o la situació atmosfèrica a l'exterior. En certa manera, prepara psicològicament pel canvi a un altre medi que no té les mateixes condicions ambientals de l'espai en què ens trobem. L'experiència ens diu que un espai de transició que no tingui cap contacte visual ni amb l'exterior ni amb l'espai contigu és difícilment imaginable, a no ser que sigui un espai molt conegut per part dels seus usuaris, com un vestíbul domèstic.

La tercera funció a tenir en compte és la **imatge** que ofereix l'espai. Aquesta funció té a veure amb la concordança entre el caràcter de l'edifici i el seu ús o altres aspectes de tipus cultural. Certs aspectes de disseny i de la llum van associats al caràcter de l'edifici i li confereixen significat. L'ús de materials, la composició de l'espai, la quantitat i qualitat de la llum, etc., serveixen per aportar significat a un espai i crear-hi un ambient desitjat. Aquest aspecte està totalment relacionat amb l'estètica i les connotacions de l'espai a més de tenir una enorme càrrega d'informació visual.

Totes aquestes característiques dels espais de transició determinen unes necessitats visuals comunes que s'han de satisfer mitjançant el disseny de la llum i l'espai. Segons l'IESNA<sup>66</sup>, la visibilitat es troba al centre de totes les necessitats visuals humanes, i la resta són complementàries (capacitat de realitzar una tasca, confort visual, comunicació social, ambient i atmosfera, salut, seguretat i benestar, i judici estètic). En aquesta tesi resumim les necessitats

---

<sup>64</sup> Hopkinson, Kay. The lighting of buildings

<sup>65</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light

<sup>66</sup> Rea, M.S. The IESNA lighting handbook: reference & application. 9<sup>th</sup> edition



visuals dels espais de transició a quatre, que fan referència a la necessitat d'informació i al moviment per l'espai, que són aquestes:

- Necessitat d'un nivell mínim de **visibilitat**.
- Necessitat d'**adaptació** visual entre situacions diferents.
- Necessitat de visió **tridimensional** òptima i contrastada.
- Necessitat de qualitat **estètica** adequada al context.

A banda de les necessitats pròpies de l'activitat no podem oblidar que també existeixen unes necessitats biològiques<sup>67</sup> que fan referència a aspectes relacionats amb la supervivència de l'ésser humà i a la informació que li prové del medi. Algunes d'aquestes necessitats són:

- Consciència de la ubicació i orientació en l'espai.
- Noció del temps u orientació temporal.
- Coneixement de les condicions atmosfèriques pel propi benefici o protecció.
- Necessitat d'un espai tancat, segur i controlat dels agents externs.
- Presència d'altres éssers vius.
- Capacitat de personalitzar el propi espai en un territori.
- Oportunitat de relaxació i estimulació de la ment, el cos i els sentits.
- Necessitat de seguretat enfront de la percepció de perill.
- Altres.

La satisfacció d'aquestes necessitats de caire biològic, junt amb les que tenen a veure amb l'activitat, reverteix en la qualitat visual de l'espai amb l'ambient que es genera i aporta una bona visió escaient a l'ús de l'espai.

Satisfacció	Resultat
<ul style="list-style-type: none"><li>• Necessitats activitat</li><li>• Necessitats biològiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Confort Visual - adequat a l'ús</li><li>• Qualitat visual - ambient agradable</li></ul>

Un espai de transició ben dissenyat ha de permetre circular i orientar-se fàcilment, reconèixer correctament l'espai, percebre les condicions exteriors, i a més, fer-ho en una atmosfera agradable i estimulante. Satisfer totes les necessitats visuals que se li assignen no consisteix tan sols en proporcionar la quantitat de llum suficient per realitzar una tasca visual, sinó en generar ambients de qualitat mitjançant la manipulació de la llum i el disseny de l'espai. És important el matís entre confort visual i qualitat visual, ja que el segon terme va més enllà de la correcta visió per desenvolupar una tasca. En la línia del què s'ha dit fins ara, l'IESNA relaciona una il·luminació de qualitat amb la integració de les necessitats humanes, l'arquitectura, i l'economia i el medi ambient<sup>68</sup>. Si bé en aquesta tesi no es toquen els temes d'economia i medi ambient, es considera que quan el disseny arquitectònic satisfà les necessitats humanes a través

---

<sup>67</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

<sup>68</sup> Rea, M.S. The IESNA lighting handbook: reference & application. 9<sup>th</sup> edition

de l'espai i la llum, el respecte al medi ambient i el control de l'economia són objectius fàcilment assumibles.

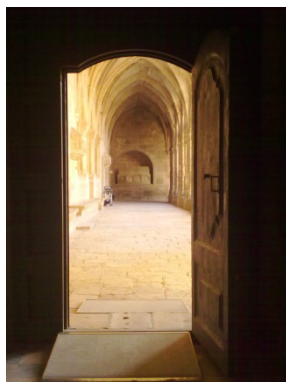
*En resum, els usuaris dels espais de transició tenen unes necessitats visuals relacionades amb l'activitat que s'hi duu a terme i amb la seva condició humana. El resultat de la satisfacció d'aquestes necessitats és un espai de qualitat, adequat al seu ús i confortable visualment. El vehicle per aconseguir-ho és el disseny de l'espai i la llum.*



## Cap. 5 Transició a l'arquitectura des d'un punt de vista funcional

Fins ara hem vist les funcions bàsiques que han de complir els espais de transició, lligades al fet de circular i orientar-se, a més de la funció estètica que serveix per imprimir caràcter a l'espai. Però aquestes no són les úniques funcions que admeten. Es tracta d'espais molt interessants on es mostra l'interior de l'edifici per primera vegada. Com veurem més endavant, els espais d'accés no tenen uns trets formals rígids sinó que poden tenir formes molt diverses i diferents nivells de contacte amb l'ambient exterior. Aquesta posició privilegiada els converteix en espais a mig camí entre el públic i el privat amb característiques pròpies de l'interior de l'edifici, però també de l'exterior. És per aquest motiu que en alguns casos el pas a l'interior de l'edifici es pot entendre com una continuació del carrer, i això permet tractar-lo com espai públic. O al contrari, l'espai pot ser concebut com un interior amb les mateixes característiques de la resta de l'edifici i ser tractat funcional i ambientalment de la mateixa manera.

Aquesta riquesa dóna l'oportunitat d'entendre l'espai de transició des de diferents perspectives: ja sigui des de la domesticitat o des de la monumentalitat de l'espai; des de la interrupció funcional del pas o des de la seva continuïtat; o també des de la reivindicació com espai amb funció pròpia o al servei d'un altre. Aquestes són algunes de les funcions que es poden assignar a un espai de transició. Aquí n'analitzem amb profunditat algunes que il·lustren que el pas entre l'interior i l'exterior dels edificis pot ser molt més, si es vol, que traspasar un llindar.



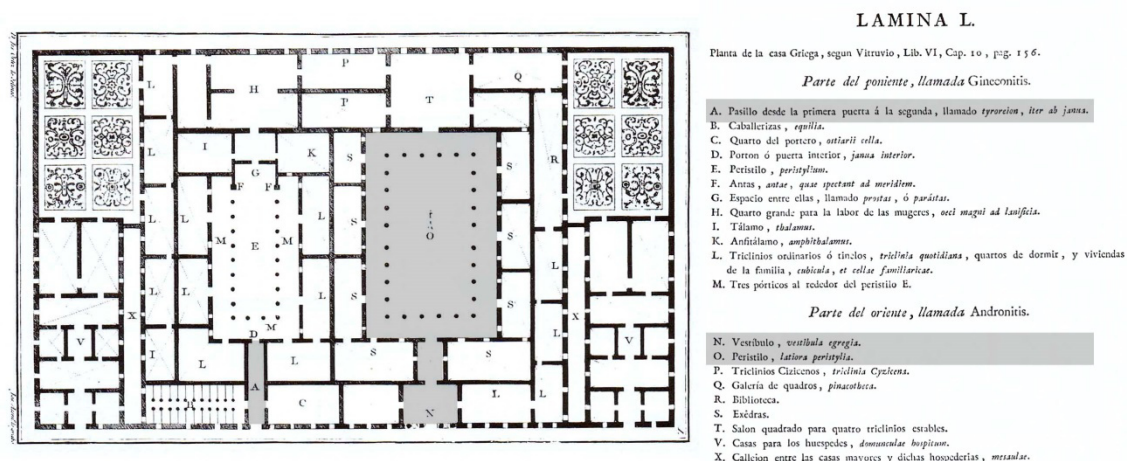
**Figura 72:** porta d'accés al claustre de Santes Creus des de la nau de l'església

### *La domesticitat*

Si busquem un referent d'espai de transició conegut per tothom, present a totes les èpoques i cultures, segurament seria el petit espai que dóna entrada a la casa. El vestíbul domèstic és l'espai propi de la llar, un espai conegut pels seus habitants que funciona com a filtre, ja sigui ambiental o del pas de persones. Aquest petit espai ens indica que entrem en el nostre refugi, per això el personalitzem i hi cuidem els detalls. És el primer espai que les persones externes poden veure i on esperen ser rebudes i convidades a entrar. Depenent del clima i la cultura té diferents formes, ja sigui un porxo, un rebedor, el pati d'entrada a la casa, o qualsevol altra solució.

Per exemplificar aquesta domesticitat ens remuntem a les antigues cases de Grècia i Roma, descrites amb detall per Vitruvi a *Els deu llibres d'arquitectura*<sup>69</sup>. En tractar la casa grega i romana, Vitruvi defineix aquests punts on es produïa la separació entre el carrer i el món privat de la família. De fet, tot el llibre VI conté referències al vestíbul, als atris i demès espais de transició cap a l'interior. En concret, el Capítol III s'anomena *De los atrios ó zaguanes* i el Capítol IV *De los atrios, alas, tablinos y peristilos*.

El coneixement de les cases a la grega per part de Vitruvi era limitat. La descripció que en fa (figura 73) s'assimila a la de la casa romana, amb una simetria i regularitat que no es corresponen amb exemples que s'han conegut posteriorment. Sí que distingeix dues zones separades per les dones (*gineconitis* o gineceu) i pels homes (*andronitis* o andró), però les separa en planta cadascuna amb la seva entrada i peristil. En el Capítol X, *De las casas á la Griega*, diu això sobre l'entrada a les cases: [...] *Como los Griegos no usan atrios, tambien sus casas se diferencian de las nuestras; porque desde la puerta exterior empieza un tránsito no muy ancho, que á una parte tiene las caballerizas, á la otra las estancias de los porteros, y luego el porton ó puerta interior. A este espacio entre las dos puertas llaman thyroreion. De alli se entra al peristilo, el qual tiene pórtico en solas tres caras; porque en la que mira al mediodia ponen dos antes muy distantes entre si, y sobre ellas un madero. [...] Esta casa tiene bellos vestíbulos, puertas correspondientes en magnificencia, y los pórticos del peristilo con adornos de estuco y enlucidos, y lagunares ó artesonados de madera labrada. [...]*



**Figura 73:** casa grega (làmina L de *Los Diez Libros de Arquitectura* de Vitruvio)

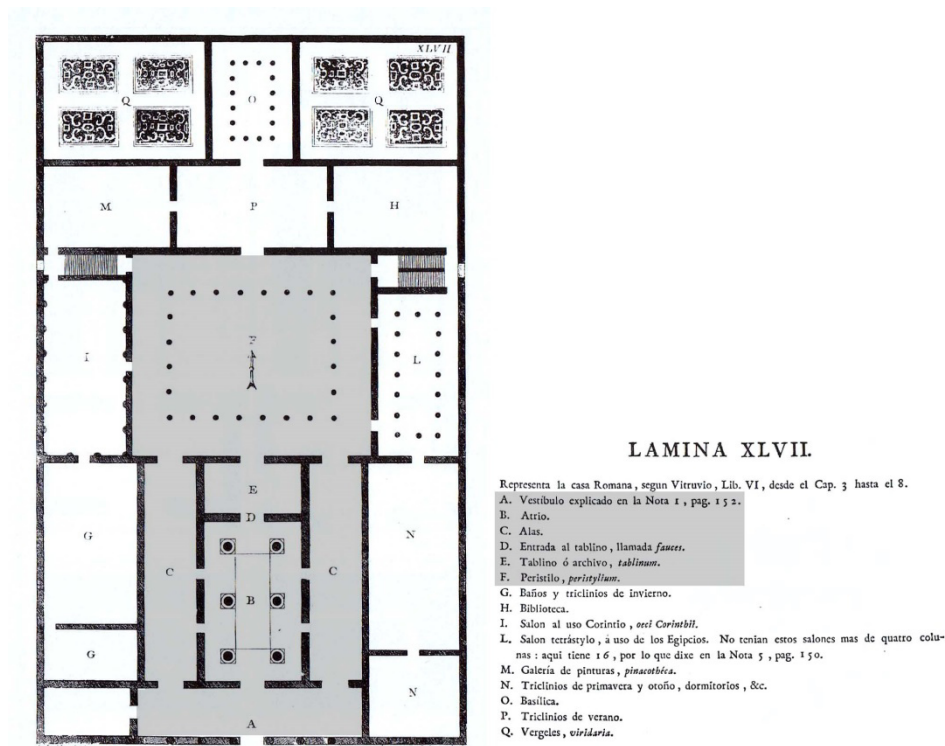
No obstant, excavacions i investigacions posteriors han descobert que la posició de l'entrada respecte el peristil no és tan axial com la mostra Vitruvi. El treball de R.D. Martienssen<sup>70</sup> sobre l'arquitectura grega mostra que el peristil és el centre de la casa, però el vestíbul que li dona accés no es troba sempre centrat amb aquest espai obert, sinó que s'hi pot accedir de manera tangencial, buscant una riquesa plàstica en les vistes i el recorregut d'entrada. En concret fa referència a la Casa de la Colina a Delos i la Casa de Tel-el-Amarna a Akhenaten, que responen a aquest esquema no simètric de l'entrada. Així com existeix molta informació i restes de temples

<sup>69</sup> Vitruvio Polión M. Los diez libros de arquitectura

<sup>70</sup> R. D. Martienssen. La idea del espacio en la arquitectura griega

i altres exemples d'arquitectura grega, no és així per les cases corrents, que molt probablement van ser destruïdes o van patir un gran deteriorament al llarg dels anys.

Tornant a la casa romana, Vitruvi explica que la transició es produeix a través de diferents espais, amb l'atri al centre (figura 74). El tipus més comú d'atri és un espai parcialment descobert, hipòstil, amb una recollida d'aigua al centre. L'atri està precedit per un vestíbul i envoltat d'altres espais que encara pertanyen a la zona pública. El Capítol VIII del Llibre VI, *De la disposicion de los edificios para cada clase de personas*, comença parlant dels vestíbuls i els edificis urbans [...] *Dispuestas ya estas cosas al aspecto celeste, debese atender en los edificios privados á las reglas que se han de seguir en hacer las viviendas apropiadas a los dueños, y los lugares comunes a todos; pues en aquellas nadie entra sin ser llamado, como en las alcobas, triclinios, baños y otros de usos semejantes. Los lugares comunes son en donde puede entrar qualquiera del pueblo aunque no sea llamado, v.gr. los vestíbulos, atrios, peristilos, y otros de este uso. Las personas ordinarias no necesitan vestíbulos magníficos, ni tablinos, ni atrios, pues estas suelen ir á cortejar á otros que lo desean. [...] En las casas de servicio rústico estarán en los vestíbulos los establos y tiendas. [...]*



**Figura 74:** casa romana (làmina XLVII de “Los Diez Libros de Arquitectura” de Vitruvio)

A més de distingir entre espais privats i públics, Vitruvi incideix en l'aspecte que han de tenir els vestíbuls, atris i peristils en relació amb la categoria de la persona que habita la casa. En certa manera, aquests espais són un reflex de la posició social dels seus propietaris, mostrada a través de l'estètica de l'espai.

Més enllà de l'antiguitat, l'evolució històrica de la casa ha donat múltiples solucions formals regides per la disponibilitat d'espai, les condicions del clima i altres factors que han fet que

l'entrada a la llar hagi anat variant de forma i mida. No obstant, la funció principal continua sent separar la vida pública de la privada i proporcionar entrada a l'espai íntim de les persones.

### ***La monumentalitat***

A diferència del cas anterior, on el vestíbul és un espai domèstic pensat per un ús familiar, el vestíbul monumental busca impressionar l'espectador, ja sigui amb la voluntat d'ostentació de poder o riquesa, o bé per dotar el recorregut i l'espai d'una certa solemnitat. Són espais profusament decorats, de mida considerable, on no hi ha lloc per aquest aire familiar o domèstic. Generalment es troben en edificis públics, mansions i palaus, on les persones que els visiten queden fascinades d'una forma expressa per la fastuositat del conjunt.

Per explicar la monumentalitat a l'entrada dels edificis s'han escollit exemples de tres èpoques artístiques, el Renaixement (segles XV-XVI), el Barroc (segles XVII-XVIII) i el Modernisme (segles XIX-XX). S'han escollit aquestes èpoques perquè passada l'Edat Mitjana es produeix un retorn a les formes clàssiques i a la recerca de monumentalitat a l'arquitectura així com un ressorgiment de l'arquitectura civil.

Amb el Renaixement, la cultura i les arts busquen referents clàssics per les seves representacions artístiques. En el camp de l'arquitectura, els elements de l'arquitectura grega i romana s'incorporen en els projectes a diferents escales (figura 75). Per exemple, algunes vil·les palladianes com la Villa Capra o la Foscari es situen elevades respecte el paviment i l'accés es produeix a través d'una escalinata que condueix a un espai obert amb un gran pòrtic amb columnes rematat amb un timpà. La monumentalitat és percebuda ja des de l'exterior a través del recorregut d'entrada i per sota el porxo, que condueix a un interior decorat amb frescos i grans obertures a l'exterior. Un altre exemple, en aquest cas referit a un interior, és l'escala de la Biblioteca Laurenziana a Florència, començada per Michelangelo. La monumentalitat d'aquest espai, a banda de la gran alçada en relació a la dimensió en planta, s'aconsegueix amb una escala que ocupa gairebé tot l'espai. És una escala de grans dimensions pel petit espai on es situa, amb tres trams paral·lels, que magnifica l'entrada a la sala de lectura i dignifica l'espai que ve a continuació.

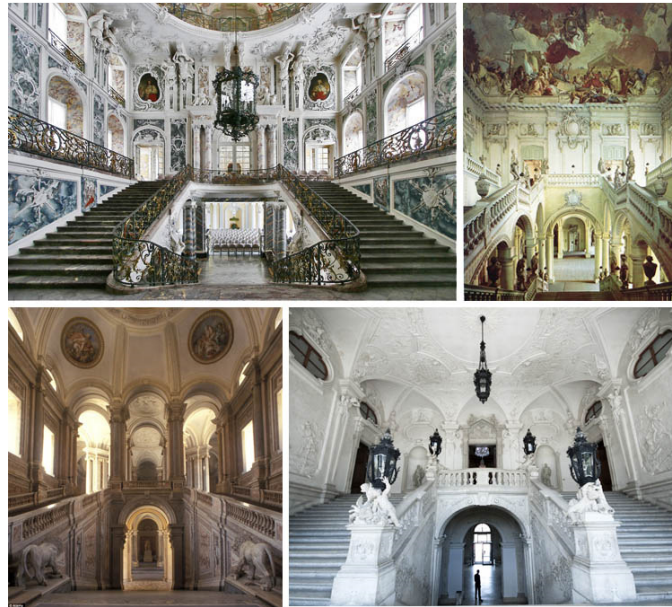


**Figura 75:** Villa Capra “La Rotonda” a Vicenza (1570, A. Palladio); Villa Foscari “La Malcontenta” (1554, A. Palladio); vestíbul Biblioteca Laurenziana a Florència (1524, M. Buonarrotti)

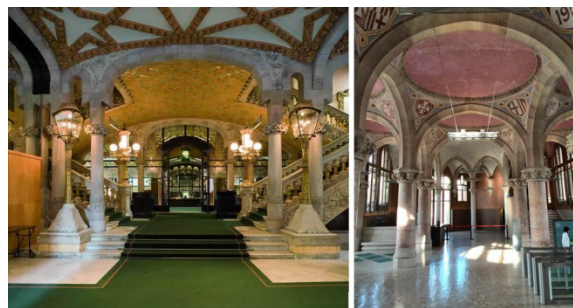
L'arquitectura del Renaixement evoluciona cap a un estil manierista que posteriorment dona pas a un estil molt més carregat de decoració i malabarismes formals, que és el Barroc. D'aquesta època ens fixem en els vestíbuls de palaus realitzats durant el segle XVIII que van



servir de residència a algunes monarquies europees. L'aspecte dels vestíbuls dels palaus d'aquesta època destaca per la profusió de decoració a parets, columnes i sostres, per la posició estratègica d'obertures a l'exterior buscant les vistes i l'entrada de llum, així com per la simetria de l'espai i la majestuositat de les escales, que creen un efecte imponent. Els exemples de la figura 76 mostren les monumentals escales i part del vestíbuls d'aquests palaus. Cal destacar la similitud entre ells, on es repeteixen elements i esquemes de distribució.



**Figura 76:** Palau Augustusburg i Falkenlust a Brühl (1725, J.C. Schlaun), Residència de Würzburg (1744, J.B. Neumann), Palau Reial de Caserta (1752, L. Vanvitelli), Palau Belvedere a Viena (1723, J.L. von Hildebrandt)



**Figura 77:** vestíbul Palau de la Música de Barcelona (1908, Ll. Domènech i Montaner) i de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (1913, Ll. Domènech i Montaner)

Els últims exemples escollits per il·lustrar la majestuositat de l'entrada als edificis es troben més propers a nosaltres, geogràfica i cronològicament. El Modernisme neix com un estil que trenca amb el neoclassicisme imposat des de les acadèmies del moment i que a Catalunya troba uns grans defensors en la burgesia i les classes mitjana i alta. Una de les seves característiques és l'ús d'elements de caire naturalista, formes orgàniques i corbes, fins i tot elements copiats directament de la natura. També es tornen a utilitzar els materials en desús a l'època, dotant-los d'un significat nou i una imatge més moderna. A més, es busca una innovació basada en la lògica estructural com element estètic bell en si mateix. La imaginació i la voluntat de despertar els sentits caracteritzen aquesta arquitectura. En els vestíbuls d'edificis com el Palau de la

Música i l'Hospital de Sant Pau (figura 77), la monumentalitat s'apropa al poble, ja que són edificis d'ús popular, on la riquesa de materials i la majestuositat de l'espai són gaudits per les persones que acudeixen a un concert o a l'hospital.

### *El control del pas*

Una altra de les funcions que pot tenir un espai de transició és precisament impedir el pas de les persones, ja sigui en un sentit físic o simbòlic. En el sentit físic es tracta d'un tipus d'entrada a edificis o recintes molt utilitzada en períodes amb freqüents conflictes bèl·lics, com l'edat mitjana i segles posteriors. L'enginyeria militar aplega les estratègies de disseny anteriors i en crea de noves per convertir recintes com castells o ciutadelles en llocs inexpugnables (figura 78). Entre les estratègies utilitzades hi ha l'elecció d'ubicacions elevades, amb llargues rampes o escales per accedir a les portes, la utilització de fossats amb els seus ponts, la successió de diferents recintes defensius separats per muralles i portes, la utilització d'elements defensius com matacans superposats als punts d'accés, el traçat irregular dels recorreguts per alentir l'accés de l'enemic, i molts d'altres pensats per dificultar l'atac enemic.



**Figura 78:** entrada a diferents recintes defensius: castell de Sant Ferran a Figueres, castell de Milmanda a Vimbodí, castell de Cardona, castell d'Edimburgh, castell d'Alepo i castell Mehrangarh a Jodhpur

L'estat actual de molts d'aquests edificis és realment precari degut a les sovintejades batudes que han hagut de patir al llarg de la història. Els que resten dempeus han estat parcialment modificats o els seus recorreguts s'han alterat precisament per facilitar-ne l'accés turístic, amb un esperit contrari del què tenien en origen. D'aquesta manera, avui dia difícilment es pot percebre l'experiència del recorregut intricat original, a no ser que es tracti d'una ubicació geogràfica complicada.

Una altra manera d'impedir el pas a les persones és de manera simbòlica. És el que succeïa a cultures com l'antic Egipte, on el recorregut als temples estava dissenyat de manera que cada cop fos més restringit, des de l'esplanada exterior on es situava el poble, fins al santuari interior, reservat al faraó i als sacerdots (figura 79). El recorregut fins al santuari estava definit per una

marcada axialitat on es succeïen els diferents espais que cada cop tenien un accés més restringit, i menys quantitat de llum. Es tractava d'un recorregut on disminuïa el caire públic de l'espai i augmentava la foscor. La transició, per part de qui podia accedir al santuari, des de l'exterior lluminós a la foscor quasi absoluta es produïa a través d'espais on anava minvant la lluminositat, fet que tenia una simbologia associada, però que també era funcional, ja que facilitava l'adaptació visual entre la llum intensa del Nil i l'interior obscur del santuari.



**Figura 79:** temples d'Isis a Philae i d'Amon a Karnak, Egipte

Avui dia, la restricció del pas de persones als espais interiors es produeix d'una altra manera. La utilització de barreres, senyalització i altres recursos dissuasius ha substituït en molts casos les estratègies de disseny, i això ha fet que molts espais hagin estat envaïts per elements afegits que poc tenen a veure amb la integració arquitectònica i l'estètica de l'espai.

### ***La continuïtat de l'espai***

Quan l'espai de transició, enlloc d'intentar interrompre el pas s'integra amb l'espai públic sense barreres, es pot considerar que existeix una continuïtat espacial entre interior i exterior. El límit o frontera entre el públic i el privat es dissol i un passa a formar part de l'altre. Els exemples més clars d'aquest tipus es donen quan l'edifici està elevat respecte al terra i es crea un espai cobert de titularitat privada però d'ús públic. En la majoria de casos existeix un punt d'accés que dona a un vestíbul interior que ja és clarament privat, però l'espai que el precedeix també forma part de l'accés.

Per explicar-ho s'han escollit dos exemples d'edificis situats a Brasil (figures 80 i 81), on existeixen projectes a gran escala que utilitzen aquest tipus d'espais. El museu d'art de São Paulo de Lina Bo Bardi és un exemple d'espai obert que serveix com a plaça coberta i que aprofita el desnivell per disposar sales per sobre i per sota de la cota de carrer. A més, el MASP resol una topografia pronunciada que fa que aquesta plaça coberta serveixi com a mirador sobre part de la ciutat, emfatitzant la idea de continuïtat de l'espai. En el cas de la Praça das Artes, l'entrada al conjunt d'edificis es produeix a través d'un passatge cobert i obert a banda i banda que dona a un recinte ocupat per diferents espais dedicats a la cultura i expressions artístiques. En no existir límits verticals, el passatge actua com una prolongació del carrer cap a l'interior de l'illa, que passa a formar part d'aquest espai públic d'accés.





**Figura 80:** vista exterior i interior de l'accés a la Praça das Artes, São Paulo (2012, Brasil Arquitectura)



**Figura 81:** Museo de Arte de São Paulo, MASP (1956, L. Bo Bardi)

La característica principal d'aquests espais és que la transició es produeix de manera natural, gairebé sense prendre'n consciència, ja que els límits estan desdibuixats i l'espai es defineix per uns límits que no són portes ni parets.

### ***La multi funcionalitat***

De vegades, els vestíbuls estan al servei d'altres activitats que s'hi duen a terme, independentment de l'ús principal de l'edifici. Això succeeix quan aquests espais, prou grans i versàtils, poden acollir activitats com exposicions, projeccions, conferències i altres. Alguns dels espais que poden acollir diferents funcions són els grans vestíbuls de les estacions o aeroports. En els últims anys, aquests espais d'accés per excel·lència s'han anat colonitzant de comerços que treuen profit del trànsit ininterromput i continu de viatgers, gairebé fins convertir-se en centres comercials. Altres tipus d'edificis, degut a la seva pròpia naturalesa, han nascut per acollir diferents activitats. És el cas de centres culturals o centres cívics, on les activitats es desenvolupen simultàniament en l'espai i el temps. Un exemple és el d'Hostalets de Balenyà, avui seu de l'Ajuntament, on l'espai d'entrada complia diferents funcions lúdiques relacionades amb l'ús de l'edifici (figura 82).

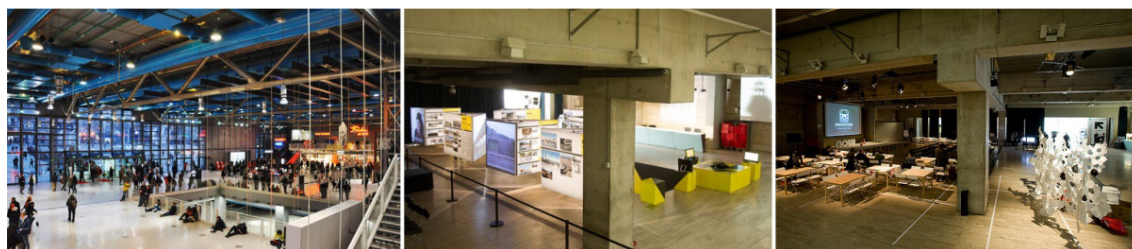
Una categoria apart són els grans espais culturals moderns (figura 83). En el cas del MASP que hem vist abans la plaça coberta acull manifestacions culturals com concerts, entre altres, no necessàriament organitzades pel propi centre. En el cas d'espais tancats, es dona el cas que molts d'aquests edificis compten amb amplis vestíbuls que han nascut amb la voluntat expressa d'acollir diferents tipus de manifestacions culturals. Les seves instal·lacions i configuració estan adaptades per donar servei a projeccions de cinema, mercats d'art, conferències, *performances*, exposicions temporals i multitud d'usos derivats d'un ús cultural. Els espais de transició en aquests edificis acostumen a servir de contenidor per aquestes activitats i la seva forma ha de



ser prou versàtil per acollir els diferents usos que li puguin sobrevenir. Un clar exemple d'aquest ús cultural és el vestíbul del CCCB, on s'han dut a terme tot aquest tipus d'activitats.



**Figura 82:** espai multifuncional al centre cívic d'Hostalets de Balenyà (1991, Miralles i Pinós), vestíbul de l'estació Tèrmini a Roma (1951, Montuori, Calini, Castellazzi, Fadigati, Pintonello, Mazzoni, Vitellozzi), espai d'accés sota el Museo de Arte de São Paulo, MASP (1956, L. Bo Bardi)



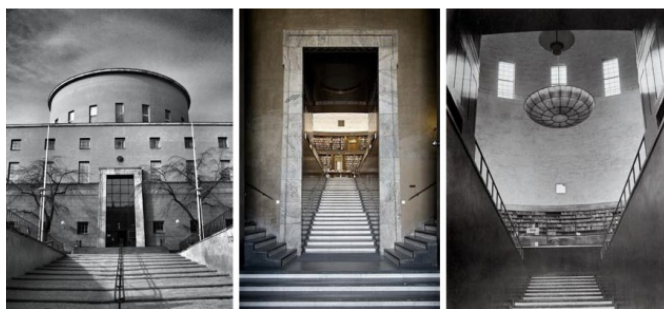
**Figura 83:** vestíbul del Centre Pompidou a París (1977, R. Piano, R. Rogers), vestíbul Centre Cultura Contemporània de Barcelona, CCCB (1994, A. Viaplana, H. Piñón)

### *La funció subordinada*

La funció subordinada fa referència a un tipus d'espai d'accés l'objectiu del qual és ressaltar un espai o element que es troba a continuació. La seva funció principal continua sent donar accés a un altre espai, però a més serveix de marc perquè el què hi ha a continuació pugui destacar. De vegades és el paisatge del voltant, com succeeix al Museu dels Fiords d'Sverre Fehn a Noruega (figura 84). La forma del porxo d'entrada i les escales laterals recorden la forma de les muntanyes de l'entorn, i per efecte de la perspectiva a mida que ens acostem aquest efecte és més pronunciat. Altres vegades el protagonista és el següent espai de l'interior de l'edifici. En aquest cas, l'espai de transició configura un marc que limita la imatge del següent espai i acompanya el visitant en la visió, cada cop menys parcial, de l'espai que hi ha a continuació. Per il·lustrar aquest efecte s'han escollit dos exemples, un dels quals és la biblioteca Pública d'Estocolm d'Erik Gunnar Asplund (figura 85). L'accés a l'edifici es produeix a través d'una escala exterior ascendent que condueix a la porta d'entrada, de composició vertical, que remarca l'axialitat del recorregut. El vestíbul a continuació és relativament petit, allargat en el sentit d'accés, i condueix a un pas que deixa entreveure la sala de lectura de la biblioteca, al final d'una altra escala ascendent, llarga i estreta. L'espai que s'obre darrere aquest recorregut és la gran sala cilíndrica, que no és vista en la seva plenitud fins que el visitant no ha avançat uns metres. Tot el recorregut sembla preparat per colpir el visitant, des de l'accés estret i fosc, fins la sala gran i lluminosa de l'espai central de la biblioteca. El recorregut és molt vertical i cada espai emmarca el següent a través de portes ressaltades amb pedra clara sobre un fons fosc.

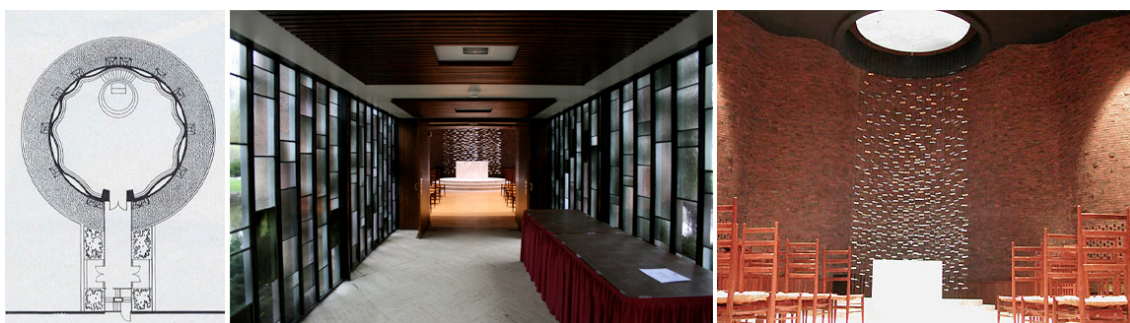


**Figura 84:** Museu Noruec del Glaciari a Fjærland (1991, S. Fehn)



**Figura 85:** Biblioteca Pública d'Estocolm (1928, E. G. Asplund)

Un altre exemple d'aquest tipus d'entrada és el de la Capella Kresge d'Eero Saarinen al MIT (figura 86). En aquest cas es tracta d'un recorregut curt a través d'un espai allargat amb connexió visual amb la capella, de manera que es crea un focus d'atenció centrat en l'altar i l'escultura sospesa. L'espai previ a la capella té les parets de vidre translúcid que, fins i tot en dies clars, genera una certa penombra amb lluminositat semblant a la de l'interior de la capella, de maó. Amb aquest nivell de llum tènue, l'altar de marbre i l'escultura ressalten gràcies a la llum que els arriba del lluernari situat just a sobre l'altar i a través de la porta que els emmarca creant un efecte màgic.



**Figura 86:** Capella Kresge del MIT a Boston (1955, E. Saarinen)

*L'accés a l'edifici pot acollir altres funcions a més de la principal, que és proporcionar entrada. La definició dels límits amb exterior i interior, junt amb la llibertat compositiva i formal els converteix en espais que poden ser utilitzats amb molts altres propòsits.*

## Cap. 6 Transició a l'arquitectura des d'un punt de vista formal

Un cop vist per què serveixen i quines funcions poden acollir els espais d'accés, cal donar resposta amb una solució material determinada. La definició ens ha descobert què són aquests espais, ara cal veure com són. La recerca i documentació de casos reals per il·lustrar la transició entre interior i exterior a l'arquitectura ha mostrat la gran diversitat de formes emprades per solucionar aquest tipus d'espais. D'altra banda, també cal destacar la dificultat per trobar documentació gràfica referent a aquest punt de l'edifici, ja que en un gran nombre d'obres cabdals a l'arquitectura no existeix informació documentada sobre com es produeix l'accés al seu interior. Més enllà d'aquest apunt, tornant a la forma dels espais de transició, la varietat de solucions possibles ha portat a la necessitat de generar un llistat d'aspectes compositius que serveixi per definir-los. D'aquesta manera un espai de transició es pot descriure utilitzant les solucions emprades en cada aspecte compositiu.

Amb aquesta voluntat els aspectes de disseny s'han dividit en dos grups, un correspon a l'espai i l'altre a la llum. El disseny de l'espai el conformen els aspectes compositius relatius a la forma i morfologia de l'espai, amb un caire més permanent i estàtic. El disseny de la llum, en canvi, és de naturalesa més variable; pel que fa a la llum natural perquè és canviant al llarg del dia i de l'any, i pel que fa a l'artificial perquè és en certa manera provisional, es pot canviar de disseny en qualsevol moment.

Dins de cada grup els aspectes compositius s'han disposat en diferents categories, i s'han proposat diferents solucions per abastar un ventall el més ampli possible. Més endavant, en avaluar les estratègies de disseny per aconseguir un entorn visualment confortable, es veurà quines conseqüències tenen aquests aspectes de disseny en la resposta visual de l'espai.

*Si fins ara hem vist QUÈ són els espais d'accés a l'arquitectura, en aquest capítol veurem COM es resolen.*

### 6.1 Disseny de l'espai

Com hem anat dient al llarg d'aquesta tesi, els espais d'accés no compten amb uns trets compositius específics pel seu ús. Si bé han de complir unes funcions que determinen part del seu disseny, la forma que se'ls dona depèn de criteris estètics. El resultat es pot definir mitjançant una combinació d'aspectes de disseny que determinen l'aparença de l'espai. En aquesta tesi s'han classificat dins de cinc categories: zonificació, dimensió, composició, materials i acabats i per últim, continuïtat visual amb els espais adjacents. Dins de cada categoria, segons el cas, hi ha diferents aspectes de disseny. Per exemple, la zonificació de l'espai pot ser simple o articulada; la dimensió es pot mesurar en planta o en alçada i tenir diferent proporció; la composició aquí s'explica segons el predomini dels plans de l'espai; els materials i acabats fan referència al terra, les parets i el sostre; i la continuïtat visual es pot produir amb l'interior o amb l'exterior. S'ha posat especial atenció en llistar els trets formals que tenen a veure amb la qualitat visual de l'espai i la seva aparença. Per això altres descripcions de l'espai han quedat fora de la llista.

El quadre de la figura 87 mostra de manera sintètica les categories i els aspectes de disseny esmentats, que s'expliquen individualment i de manera exhaustiva en els següents apartats.

CONFIGURACIÓ DE L'ESPAI	
ZONIFICACIÓ	Simple Articulat
DIMENSIÓ	Proporció en el sentit d'accés (a / b) Dimensió humana (a · b) Alçada (h) Esveltesa (h / a · b)
COMPOSICIÓ	Predomini del pla
MATERIALS I ACABATS	Terra Paret Sostre
CONTINUÏTAT VISUAL	Amb l'exterior Amb l'interior

**Figura 87:** categories i aspectes de disseny relatius a la configuració de l'espai

### 6.1.1 Zonificació

El primer aspecte de disseny fa referència a la composició del recorregut en diferents zones. Molts cops, l'accés a un edifici no es produeix a través d'un sol espai, sinó que en el transcurs hi tenen cabuda diferents solucions espacials per petites que siguin. La divisió s'ha fet entre espais en simples i articulats.

ZONIFICACIÓ	Simple Articulat	Vestíbul tancat / porxo / pati Pati + vestíbul / porxo + vestíbul / ...
-------------	---------------------	----------------------------------------------------------------------------

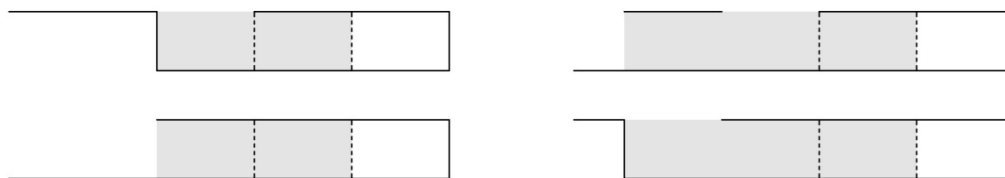


**Figura 88:** esquema d'un vestíbul, un porxo i un pati

La manera més senzilla d'accedir és a través d'un espai **simple**, que és l'espai que per un costat està en contacte amb l'exterior i per l'altre amb l'interior de l'edifici. No obstant, un espai simple pot tenir diferents denominacions en funció de l'existència o no de sostre i parets. Quan un espai d'accés té sostre i parets és un vestíbul. Quan té sostre però no té parets és un porxo, i si té parets però no té sostre, es tracta d'un pati (figura 88).

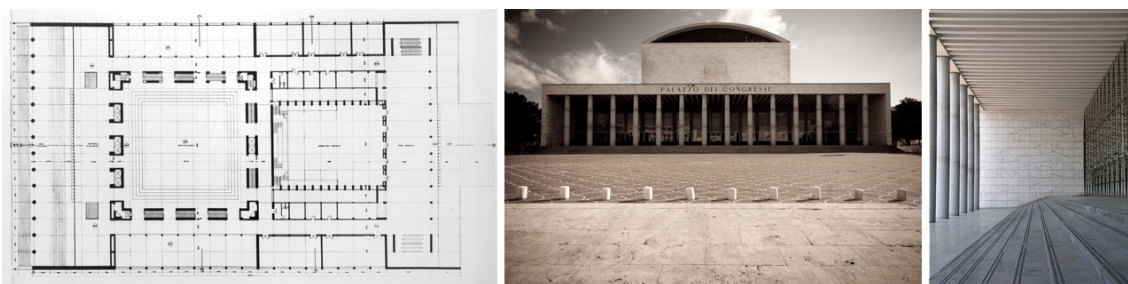
Aquestes són les solucions més comunes, però també es poden combinar entre elles. És el que aquí anomenem solucions **articulades** (figura 89). Aquest tipus d'entrada als edificis és bastant habitual en l'arquitectura, sobre tot en l'arquitectura mediterrània, on es succeeixen diferents espais que formen part de l'interior i l'exterior al mateix temps i fan difícil decidir on acaba un i comença l'altre. Aquest tipus de solucions tenen moltes virtuts estètiques i funcionals, ja que creen una transició viva i dinàmica deguda a una gran interacció amb la llum, i generen una varietat d'escenes visuals molt interessant.





**Figura 89:** esquema de diferents tipus d'espais articulats: a dalt a l'esquerra pati i vestíbul; a baix a l'esquerra porxo i vestíbul; a dalt a la dreta porxo, pati i vestíbul; a baix a la dreta pati, porxo i vestíbul

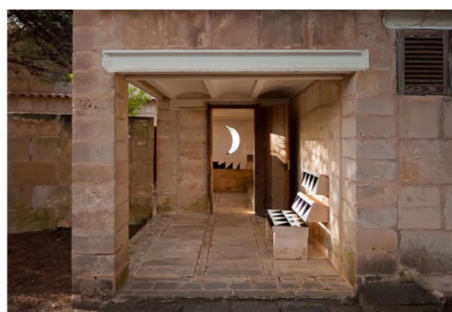
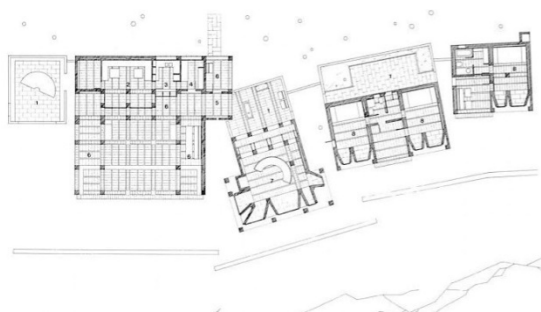
Aquest tipus de solucions es poden donar a diferent escala. Per exemple, al Palau de congressos de l'EUR (figura 90), un porxo d'entrada d'escala monumental, amb un espai molt gran en planta i alçada doble, precedeix el vestíbul tancat de l'edifici. Altres exemples de naturalesa més domèstica, com la casa Rustici a Milà o la casa Lis a Portopetro (figures 91 i 92) combinen espais oberts i tancats per generar el trànsit fins a l'interior de l'edifici. En el primer cas, la pròpia forma del bloc configura un pati amb una escala ascendent que porta a un espai cobert amb pavès translúcid, que a la vegada comunica amb els vestíbuls interiors de l'edifici. En el cas de Mallorca, el porxo es troba abans de la porta d'entrada, però a continuació el vestíbul també està obert lateralment i consisteix en un espai mig obert (o mig tancat) previ a l'interior de la casa.



**Figura 90:** palau de congressos a l'EUR, Roma (1938-1954, A. Libera)



**Figura 91:** casa Rustici a Milano (1936, G. Terragni)

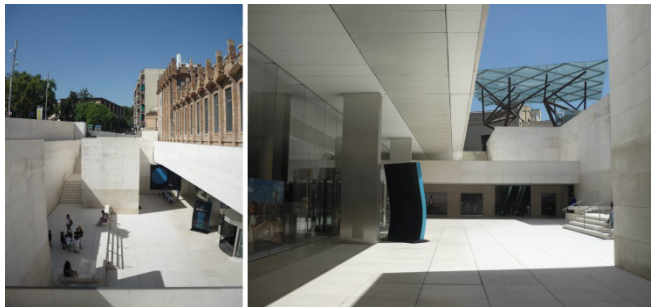


**Figura 92:** can Lis a Portopetro (1972, J. Utzon)

Altres exemples d'espais articulats per accedir als edificis són el Centre d'Inca i l'edifici Caixaforum de Barcelona. En el primer exemple (figura 93), l'entorn és molt diàfan i de colors clars, i l'entrada es produeix per un porxo al que s'accedeix lateralment per una rampa ascendent que comunica amb un pati de forma triangular on es distribueixen les circulacions. A l'edifici Caixaforum de Barcelona (figura 94), els espais d'accés van ser dissenyats sota la cota del carrer i el vestíbul està precedit per un pati recobert amb plaques de pedra de color blanc. Abans de la porta d'entrada hi ha un porxo corregut que genera ombra just abans d'entrar.



**Figura 93:** centre de negocis Bit Raiguer a Inca (1998, A. Campo Baeza)

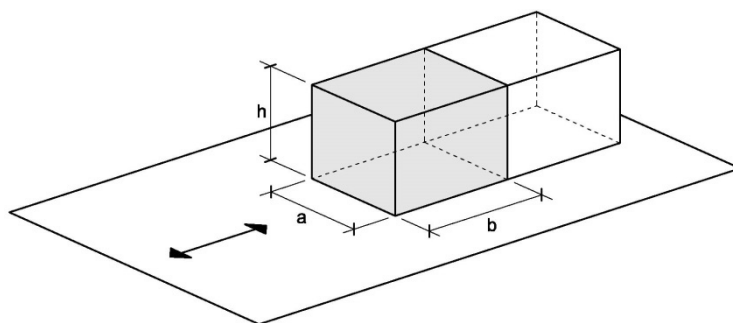


**Figura 94:** espais d'accés a l'edifici Caixaforum Barcelona (2002, A. Isozaki)

### 6.1.2 Dimensió

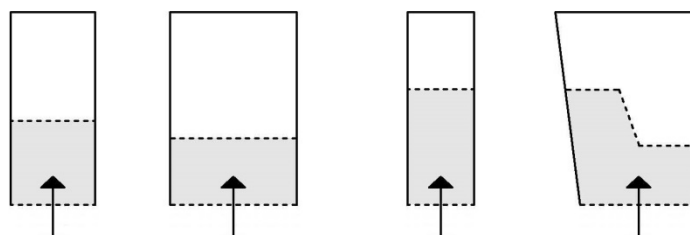
Un dels aspectes importants a l'hora de valorar un espai és la seva dimensió. La mida d'un espai és percebuda en relació a la nostra pròpia, que ens dona la mesura de la superfície i alçada de l'espai. Per això es proposa que la dimensió d'un espai es quantifiqui sense utilitzar mesures mètriques, sinó relacionant-la amb la valoració del propi observador en referència a la llargada, amplada i alçada de l'espai. Apart de la valoració de la superfície i alçada de l'espai s'han afegit dues categories referents a la forma referides a les seves proporcions en relació a les tres dimensions bàsiques a, b i h. La valoració dels aspectes de disseny s'ha fet de manera que es pugui dur a terme sense necessitat de mesurar l'espai, de manera intuïtiva i personal.

DIMENSIÓ	Proporció en el sentit d'accés (a / b)	Regular / allargat paral·lel / allargat perpendicular / irregular
	Dimensió humana (a · b)	Íntim / grup petit / grup mitjà / grup gran
	Alçada (h)	1 planta / doble o triple espai / gran atri
	Esveltesa (h / a · b)	Poc esvelt / mig esvelt / molt esvelt



**Figura 95:** dimensions principals d'un espai de transició; la fletxa indica la direcció d'entrada a l'espai de transició, en gris

El primer aspecte de disseny és la **proporció (a/b)** entesa com la relació entre l'ample i el llarg de l'espai mesurats en el sentit d'accés, és a dir, en la direcció de moviment de les persones. Aquí es distingeixen quatre possibilitats segons l'espai sigui regular, irregular o allargat en un o altre sentit (figura 96). S'entén que un espai és regular si l'amplada i la llargada són gairebé iguals, o bé si les seves dimensions no difereixen més d'un 20%, aproximadament. Les formes més habituals que responen a aquest esquema tendeixen a ser quadrades o circulars. Si la forma en planta no és regular, aleshores ha de ser allargada o irregular. En el cas d'espais allargats, ho poden ser en el sentit del recorregut ( $a < b$ ) o en sentit perpendicular ( $a > b$ ), donant lloc a espais on el sentit de circulació està molt marcat en el primer cas, o bé amples amb un recorregut curt, en el segon cas. Per efecte de la perspectiva, els espais tendeixen a escurçar-se en la direcció que els mirem, per això la visió ofereix una imatge més realista del context que una valoració en planta. En cas que no respongui a cap dels esquemes anteriors, l'espai és irregular. Pot tractar-se d'una forma fragmentada o en forma de L, entre altres opcions, però el què està clar és que no existeix una dimensió predominant.



**Figura 96:** proporció de l'espai en el sentit d'accés: regular, allargat perpendicular, allargat paral·lel i irregular

A continuació es mostren alguns exemples. Quan l'espai és regular, com el vestíbul de la Villa Karma (figura 97), no hi ha una dimensió que predomini sobre les altres. En aquest exemple, a més, la decoració junt amb la reduïda dimensió i la doble alçada converteixen l'entrada en un espai sorprenent. Els dos exemples de les figures 98 i 99 representen espais longitudinals en els dos sentits. El Kimbell Art Museum té un vestíbul tancat molt allargat en sentit paral·lel a l'entrada precedit per un porxo de similars dimensions, situat lleugerament per sobre del terreny. En aquest cas, els espais d'entrada reproduïxen l'estructura de tot el museu. En el cas de la Tate Modern, el vestíbul es troba a una cota inferior a la del carrer i es recorre en sentit longitudinal. Molts exemples de vestíbuls amb aquesta forma estan oberts a les dues bandes, formant una mena de carrer amb els accessos als espais situats als laterals.

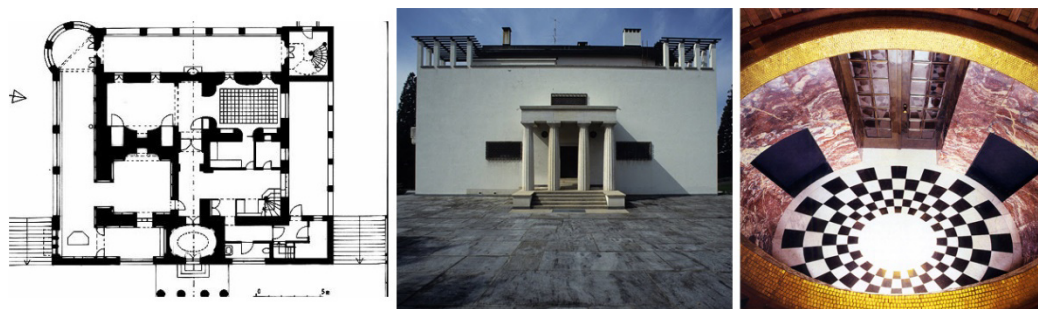


Figura 97: entrada i vestíbul de la Villa Karma a Montreux (1906, A. Loos)



Figura 98: entrada i vestíbul del Kimbell Art Museum a Fort Worth (1972, L.I.Kahn)

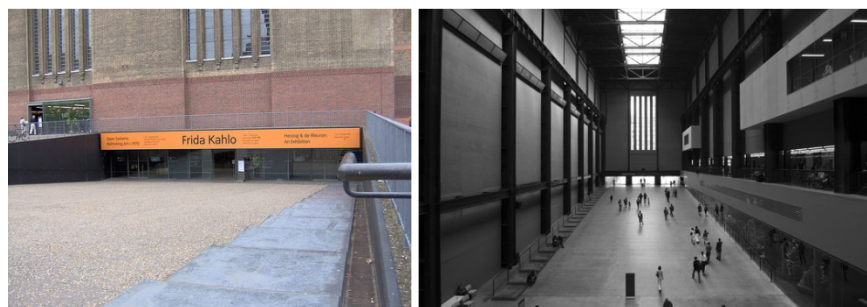


Figura 99: entrada i vestíbul de la Tate Modern a Londres (2000, Herzog & de Meuron)

A més de la proporció, la **superfície (a·b)** és un altre aspecte que explica com és l'espai en planta. Enlloc d'utilitzar dimensions mètriques s'ha optat, com en el cas anterior, per donar el valor de la superfície des d'un punt de vista subjectiu segons el nombre de persones que podria contenir amb una ocupació normal (figura 100). D'aquesta manera, el més petit és un espai íntim per 1 ó 2 persones, com el vestíbul d'un habitatge. El següent és l'espai que pot donar cabuda a un grup petit d'unes 5 persones com a màxim. A continuació vindria l'espai corresponent a un grup mitjà d'unes 10-20 persones. I per últim hi hauria els grans espais per grups nombrosos, de més de 20 persones.

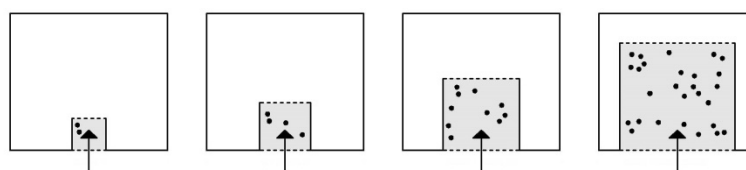
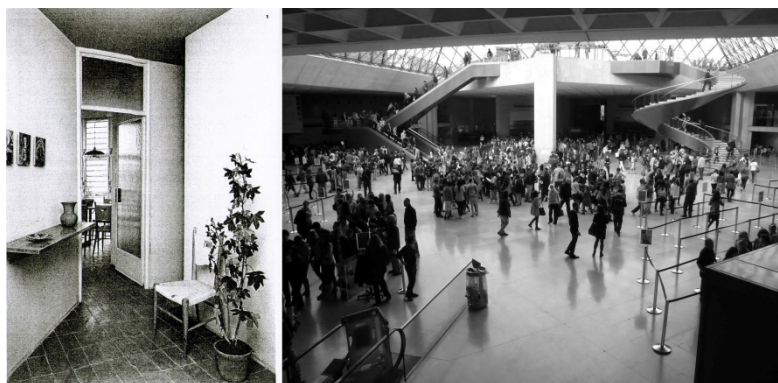


Figura 100: superfície segons la dimensió humana de l'espai: íntim, grup petit, grup mitjà, grup gran

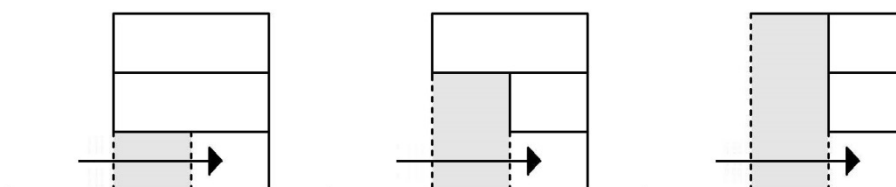




**Figura 101:** vestíbul domèstic dels pisos a la Barceloneta (1951, J.A. Coderch) i vestíbul per grans grups al Museu del Louvre a París (1989, I.M. Pei)

Els dos extrems d'aquest aspecte de disseny són el vestíbul domèstic, pensat per ser utilitzat per poques persones, i el gran vestíbul situat especialment en edificis d'ús públic i de gran concurrència. La petita dimensió dels vestíbuls domèstics fa que amb prou feines es puguin fotografiar en la seva totalitat. Tot i la seva reduïda superfície, es poden trobar exemples com el dels pisos de la Barceloneta de Coderch (figura 101), on les vistes a altres espais i a l'exterior expandeixen l'espai cap a altres zones de la casa. En espais grans com el del vestíbul del Museu del Louvre (figura 101), això no és necessari ja que l'espai és suficientment gran. A més, la generosa dimensió facilita l'acolliment i organització de grans grups de gent.

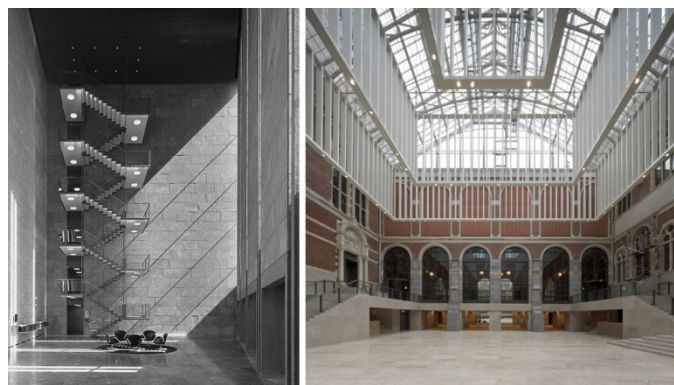
Si afegim la tercera dimensió, hem de definir l'**alçada (h)** de l'espai. Igual que amb les categories anteriors, no es mesura amb unitats mètriques, sinó amb mesures humanes. Atenent a aquest criteri, es diferencien els espais que tenen l'alçada d'una planta i els de mides superiors, que són de doble o triple alçada i espais amb més alçada tipus atri (figura 102).



**Figura 102:** alçada de l'espai: una planta, doble o triple espai, gran atri



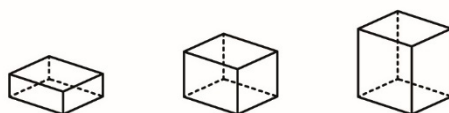
**Figura 103:** vestíbul del desaparegut cinema Barceló a Madrid (1930, L. Gutiérrez Soto) i vestíbul entrada a la seu de Johnson Wax a Wisconsin (1939, F.L. Wright)



**Figura 104:** atri del Banc Nacional de Dinamarca a Copenhage (1971, A. Jacobsen) i nou atri d'entrada al Rijksmuseum d'Amsterdam (2013, Cruz y Ortiz)

Els espais d'entrada amb alçada superior a una planta acostumen a disposar d'un petit espai previ amb l'alçada d'una porta que els separa de l'exterior, com es pot veure al vestíbul del desaparegut Cinema Barceló (figura 103) o el de la seu de la Johnson Wax de Wright (figura 103). Els dos exemples esmentats tenen un espai principal amb doble o triple alçada, on la verticalitat és present però no és un tret fonamental. En els dos casos esmentats, el perímetre es defineix mitjançant formes corbes que creen un efecte de continuïtat. En els atris de major alçada, la dimensió vertical és la característica principal. En el Rijksmuseum (figura 104), la verticalitat està potenciada pel sostre vidriat que expandeix l'espai cap al cel, mentre que en el vestíbul del Banc Nacional de Dinamarca (figura 104), l'escala penjada és el contrapunt d'aquesta component vertical i dota l'espai d'una gran elegància.

L'últim aspecte referent a la dimensió de l'espai és la relació entre la superfície i l'alçada o **esveltesa** ( $h/a \cdot b$ ), que relaciona la superfície en planta amb l'alçada. De fet, aquest aspecte aglutina els tres anteriors i n'és el resultat, ja que a partir de la superfície, proporció i alçada de l'espai ens podem fer una idea de la relació entre la superfície del terra i la de les parets. Aquest aspecte és important perquè dóna una idea global de la composició de l'escena visual de l'espai. Aquest aspecte de disseny s'ha dividit en tres categories, segons si l'espai és gens esvelt, regular o molt esvelt (figura 105). Un espai gens esvelt té poca alçada respecte una gran superfície; un espai molt esvelt té poca superfície en relació a una gran alçada; la resta de solucions es troben a mig camí entre aquestes dues.



**Figura 105:** esveltesa de l'espai: poc esvelt, mig esvelt, molt esvelt

Si observem els exemples anteriors, veiem que hi ha espais clarament esvelts, com els de la figura 104. No obstant, l'atri del Banc de Dinamarca és més esvelt que el de l'atri del Rijksmuseum perquè té una superfície en planta més petita. D'una manera similar, el vestíbul de la casa Karma d'Adolf Loos (figura 97) té una alçada semblant a la dels espais d'entrada al Kimbell Art Museum (figura 98) però la reduïda dimensió en planta el fa més esvelt i condueix la mirada cap a la part superior.



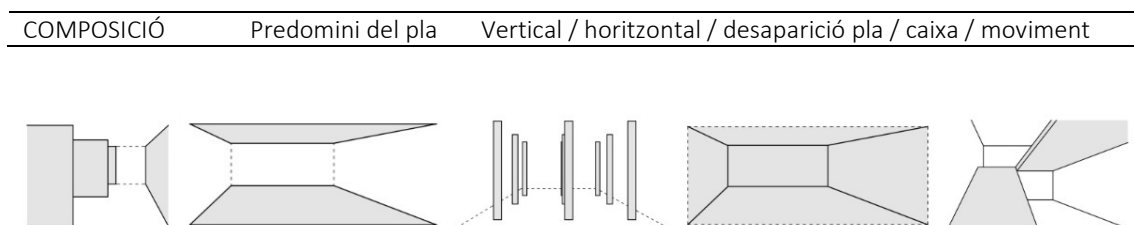
**Figura 106:** entrada al Palau de Congressos de Catalunya a Barcelona (2000, C. Ferrater, J.M. Cartañá, A. Peñín) i biblioteca de la Universitat Pompeu Fabra al Dipòsit de les Aigües a Barcelona (1874, J. Fontserè i 1999, Ll. Clotet i I. Paricio)

Els dos exemples mostrats a la figura 106 il·lustren dos extrems. Un és un espai molt poc esvelt corresponent a la marquesina d'entrada al Palau de Congressos de Catalunya. En contraposició, l'espai de la Biblioteca de la UPF té una composició totalment vertical. La manca d'esveltesa en el primer cas produeix una sensació d'aixafament, mentre que en el segon cas ens porta cap a la part superior de l'espai.

### 6.1.3 Composició

Tots els espais, com hem vist, tenen unes dimensions i proporcions que els caracteritzen. Al punt anterior n'hem vist d'allargats, regulars, esvelts, grans, petits, etc. Una altra manera de definir-los consisteix en descriure la seva composició, per això s'ha establert una categoria que explica la importància que tenen els diferents plans de l'arquitectura en l'aparença de l'espai. Aquests plans són l'horitzontal (terra i sostre) i el vertical (parets).

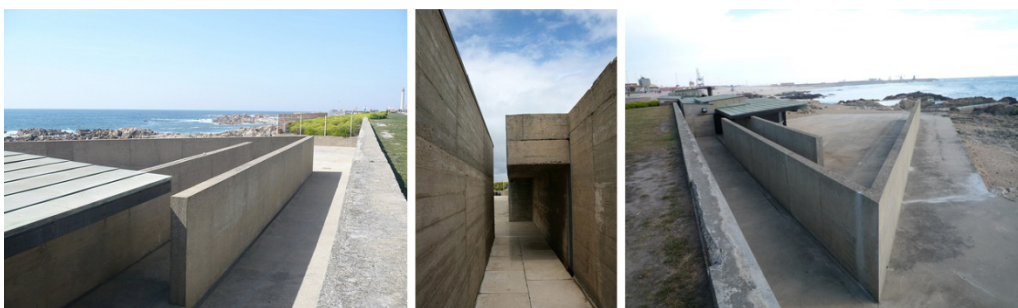
En virtut d'aquesta definició, un espai pot donar molta importància en la seva composició als plans verticals, o principalment als plans horitzontals. De fet, també pot ser que l'espai sigui com una caixa, on totes les superfícies destaquen per igual. També es pot donar el cas que els plans no tinguin un paper rellevant i hi hagi un altre tipus d'elements puntuals que configuren l'espai. Una última possibilitat és que l'espai estigui dominat pel moviment, és a dir, que les superfícies tinguin clarament una posició que no sigui ni vertical ni horitzontal, i on predominin els elements lligats a la circulació com rampes o escales (figura 107).



**Figura 107:** esquemes d'espais dominats pel pla vertical, horitzontal, sense predomini de plans principals, tipus caixa i amb moviment

En els espais on predomina el pla vertical el perímetre té molta importància així com la seqüència de murs que delimiten l'espai. El focus es centra en aquestes superfícies verticals, i la resta queda en un segon pla. A l'accés a les piscines a Leça da Palmeira (figura 108), Siza configura un recorregut d'accés molt marcat pels murs de formigó que, tot i no tenir una gran alçada, acompanyen els usuaris de les piscines fins a la zona de vestuaris. En tractar-se d'unes instal·lacions situades sota la cota del carrer, el camí en trinxera i la manca de sostre durant gran part del recorregut destaquen el paper del mur.

El cas contrari es dona quan el que es marca és el pla horitzontal. En aquest cas les parets desapareixen físicament o tenen una importància secundària. Al Museu Bràsil·ler d'Escultura de São Paulo (figura 109), una gran llosa plana sobre l' explanada d'entrada i els accessos al museu indica el punt d'accés, amb una horitzontal molt marcada que es veu a la distància. En aquest cas l'alçada de l'espai és més que suficient, però la composició és tan horitzontal aixafa que l'espai. A més, en tractar-se d'un element en forma de sostre, la seva cara inferior és fosca i es troba a contrallum, al mateix temps que es genera una zona ombrejada a sota.



**Figura 108:** accés a les piscines de mar a Leça da Palmeira, Matosinhos (1966, A. Siza)



**Figura 109:** accés al Museu Bràsil·ler d'Escultura de São Paulo, MUBA (1995, P. Mendes da Rocha)

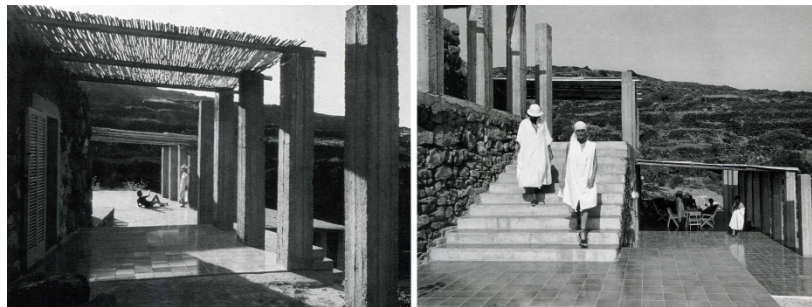
Una altra opció consisteix en prescindir de les superfícies com element compositiu principal i cedir el protagonisme als elements singulars. L'element que millor defineix aquest tipus de composició són els pilars i les columnes. Una alineació de columnes per sí sola defineix un recorregut, com succeïa als temples de l'antiga Grècia o Egipte. En exemples més contemporanis, la Capella del Bosc al cementiri d'Estocolm o la casa Vittoria a Pantelleria (figures 110 i 111), fan ús de la columna per dotar de significat el recorregut. En el primer cas, l'element vertical és una clara referència al bosc on es troba situada la capella, que recorda els troncs dels arbres de l'entorn. En el segon cas, les columnes tenen la funció de suportar elements que generen ombra però principalment subratllen el recorregut d'entrada a la casa



que es produeix a l'exterior, entre les dues plantes. En els exemples esmentats, així com en molts d'altres, l'element vertical actua com a fita.



**Figura 110:** entrada a la Capella del Bosc a Estocolm (1912, E.G. Asplund)



**Figura 111:** entrada a la casa Vittoria a l'illa de Pantelleria (1975, Ll. Clotet i O. Tusquets)

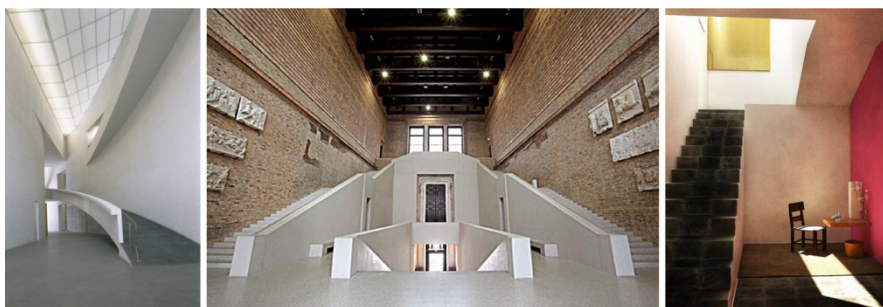
En un espai tipus caixa, la igualtat de jerarquia dels plans horitzontals i verticals fa que el focus es centri en totes les superfícies de l'espai. Aquí els elements decoratius i estructurals, a més d'altres elements afegits a l'espai, estan tractats amb la mateixa importància per crear una imatge unificada. A l'entrada al Museu de las Colecciones Reales a Madrid (figura 112) es porta al límit aquest concepte, ja que parets i sostre presenten una repetició de pòrtics un rere l'altre, amb la mateixa composició, i es reproduïxen en el terra gràcies a les ombres generades per la llum directa quan la posició del sol ho permet.



**Figura 112:** entrada al Museu de las Colecciones Reales a Madrid (2016, Tuñón y Mansilla)

La última categoria dins les configuracions compositives de l'espai que hem definit està regida pel moviment. Aquí s'inclouen espais on els plans inclinats, superfícies corbes o elements de circulació tenen un paper important en determinar l'aparença de l'espai. A una escala petita, els espais del vestíbul de la casa de Luis Barragán (figura 113) ofereixen una imatge dominada per la presència de l'escala, emfatitzada per l'entrada de llum al pis superior i el tractament del color. A una escala més gran, dos museus: el Kiasma (figura 113), amb les seves formes corbes i

la rampa que neix al vestíbul i s'endinsa a la planta superior, i el traçat ortogonal a l'espai del Neues Museum (figura 113) on els diferents trams d'escala tractats amb un material molt diferent de les parets protagonitza l'espai.



**Figura 113:** vestíbul del Kiasma a Helsinki (1998, S. Holl), vestíbul del Neues Museum a Berlin (2009, D. Chipperfield), vestíbul de la casa taller de Luis Barragán a Tacubaya, Mèxic (1947, L. Barragán)

#### 6.1.4 Materials i acabats

Els aspectes formals que hem vist fins ara tenen un gran pes en la imatge de l'espai de transició, ja que la dimensió i proporcions de l'espai fan que variïn les escenes que percebem. La visió d'un espai està acotada pel camp visual, que configura una escena on es reparteixen diferents proporcions de terra, parets i sostre. Aquesta variarà en funció de la nostra posició i de la forma de l'espai. Però hi ha un altre aspecte molt important que modifica absolutament la nostra percepció, els materials i acabats utilitzats. En espais de transició entre l'interior i l'exterior com els vestíbuls acostumen a utilitzar-se materials diferents de la resta de l'edifici, buscant un aspecte noble o impactant, que pel seu cost o qualitat es reserven per aquest tipus d'espai. Tot i que existeixen multitud de materials a disposició d'arquitectes i interioristes, fet que dificulta enumerar-los tots, es poden classificar segons les seves característiques òptiques. Per això, en aquest punt es proposa classificar-los donant el nom, l'estructura, la tonalitat i el valor del color i el tipus de reflexió. Però com que definir tots els materials utilitzats en un espai de transició podria ser complicat en alguns casos, s'ha optat per descriure les característiques del terra, parets i sostre per separat enlloc de material per material. A més, cada una d'aquestes superfícies tenen diferent rellevància en la visió de l'escena.

MATERIALS I ACABATS	Terra	Material / estructura / tonalitat color / valor color / tipus reflexió
	Paret	Material / estructura / tonalitat color / valor color / tipus reflexió
	Sostre	Material / estructura / tonalitat color / valor color / tipus reflexió

La primera dada requerida és el nom del **material** principal, el que ocupa més superfície; per exemple els materials habituals com fusta, metall, guix, pedra, plàstic, etc. A continuació es demana quina és l'**estructura** dels materials en cada una de les parts (terra, parets, sostre). Amb aquest terme es defineix l'homogeneïtat o heterogeneïtat material de la superfície, és a dir, si està formada per només un material o varis. Es considera que una estructura és homogènia quan s'ha utilitzat un sol material o s'han utilitzat varis semblants entre ells; si no és així i els materials són molt diferents o hi ha una gran quantitat d'informació visual es considera que la superfície és heterogènia. A la Casa de Té a Boa Nova (figura 114), el sostre és homogeni perquè

és completament de fusta del mateix tipus, igual que passa amb el paviment. En canvi, les parets presenten dos materials, la mateixa fusta del paviment i el sostre i un enguixat blanc. A l'edifici CaixaForum Madrid (figura 114), s'ha unificat el material en parets i sostre, i el resultat és homogeni malgrat el diferent aspecte que ofereix el facetat de les superfícies. En la situació oposada es troba el vestíbul de l'actual Banc Sabadell (figura 116), amb l'ús de diferents materials a cada una de les zones excepte el paviment. En aquest cas, tots els materials són diferents, però es troben unificats pel seu acabat especular.



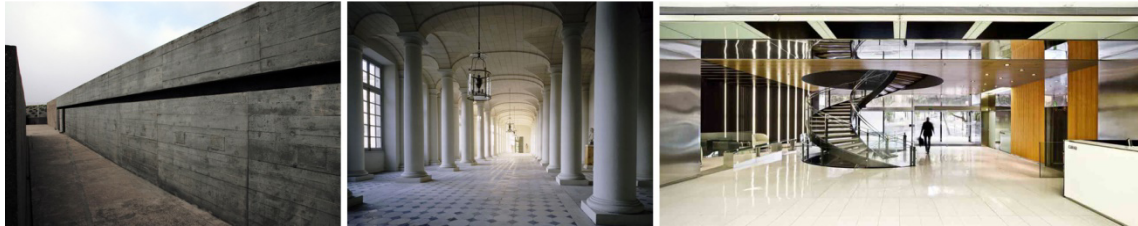
**Figura 114:** vestíbul de la Casa de Té Boa Nova a Leça da Palmeira (1963, A. Siza), vestíbul CaixaForum Madrid (2008, Herzog & de Meuron)

El següent atribut és el color de la superfície. En primer lloc, es demana una descripció de la **tonalitat** predominant en el cas que no existeixi una gran heterogeneïtat i els tons siguin similars. Les possibilitats són moltes, des de tonalitats corresponents a materials naturals, fins a tonalitats artificials de colors fets a mida. Pot ser que la tonalitat sigui diferent al terra, les parets i el sostre, o bé que tot segueixi un mateix esquema de color. En alguns exemples de l'arquitectura de Luis Barragán (figura 115), el color és aplicat a parets i sostres amb la mateixa tonalitat i es juga amb el contrast que generen. Com per exemple els dos espais que formen l'accés a la casa taller a Tacubaya o el passadís de la casa Gilardi. En el primer cas l'entrada és de color groc a parets i sostre, i dóna pas a un altre espai dominat pel color rosa i el blanc. La unitat la dóna el paviment de pedra gris fosc. A la casa Gilardi el contrast és més gran, ja que entre el passadís groc i la sala contigua hi ha un canvi total de tonalitat per passar al blau i vermell, creant una composició artística. Altres edificis apliquen un color a cada tipus de superfície que permeten destacar determinades parts, com al jardí d'infància de la figura 115, on destaca el sostre gràcies al color.



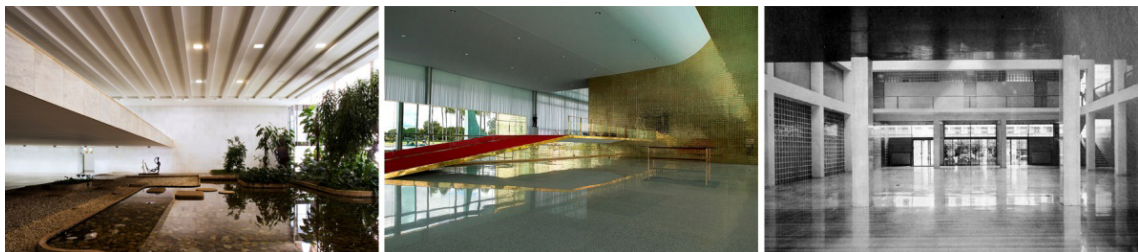
**Figura 115:** dos espais de l'entrada a la casa taller de Luis Barragán a Tacubaya, Mèxic (1947, L. Barragán), passadís a la casa Gilardi a Ciutat de Mèxic (1976, L. Barragán), espai interior jardí infància Jiading New Town Shanghai (2011, Atelier Deshaus)

A més, el color pot ser més clar o més fosc, segons el seu **valor** o lluminositat. Les opcions són tres, color clar, mig o fosc, i defineixen la seva capacitat de reflectir la llum. Entre el formigó vist de les piscines de mar a Leça da Palmeira (figura 116) i el blanc de columnes i paviments al Château de Compiègne (figura 116), la diferència és el valor, ja que el gris i el blanc no tenen tonalitat. En els dos casos, la capacitat de reflectir la llum és diferent. En el vestíbul del Banc Sabadell (figura 116), el valor passa a un segon pla degut al tipus de reflexió de les superfícies, que estan visualment envaïdes pels elements del voltant, sobre tot les obertures. Dels tres definidors del color, tonalitat, valor i chroma, s'ha optat per utilitzar els dos primers en la definició del color de l'espai.



**Figura 116:** accés a les piscines de mar a Leça da Palmeira, Matosinhos (1966, A. Siza), vestíbul o sala de les columnes al Château de Compiègne (1751, Ange-Jacques Gabriel), vestíbul de l'edifici del Banc Sabadell a Barcelona (1968, F. Mitjans i S. Balcells)

L'últim atribut del material és el **tipus de reflexió**. Junt amb el color, és un dels que més influeix en la visió de l'espai. La reflexió d'una superfície pot ser especular, difusa o mixta. Els materials polits tenen una reflexió especular o gairebé especular, i tenen la capacitat de reflectir la llum provinent de les obertures o les fonts de llum del voltant, fins i tot la seva imatge, perquè ho fan en una direcció. Quan més polit el material, més clara és aquesta direcció i més s'assembla a un mirall. El material amb reflexió especular per antonomàsia és l'aigua, que pot ser utilitzada com a acabat en els espais actuant com un mirall, com passa a l'edifici del Ministeri d'Afers Exteriors de Niemeyer (figura 117). El mateix arquitecte utilitza la reflexió especular de manera reiterada en projectes com el Palacio da Alvorada a Brasília (figura 117). En aquest edifici, la majoria de materials utilitzats al paviment i les parets té un acabat especular. Destaca el mur situat al costat de l'accés amb un acabat d'or que reflecteix la imatge de l'interior i a més reflecteix la llum del perímetre visualment obert a l'exterior produint un efecte màgic. Sovint els paviments són polits, i aleshores les obertures a l'exterior, amb una luminància molt superior a la d'aquesta superfície, es reflecteixen i es reproduïxen al terra com si fos un mirall, com passa per exemple a la Casa del Fascio a Como (figura 117).



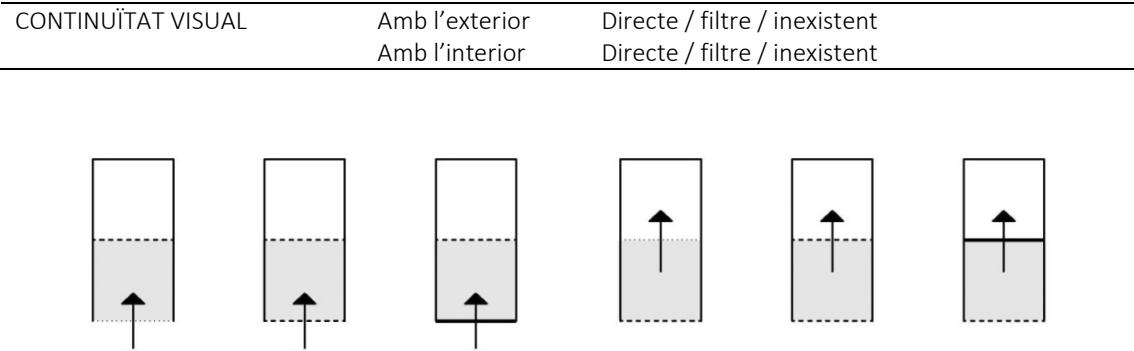
**Figura 117:** Ministeri d'Afers Exteriors a Brasília (1970, O. Niemeyer), Palacio da Alvorada a Brasília (1958, O. Niemeyer), casa del Fascio a Como (1936, G. Terragni)



Pel contrari, si el material és mat, aquest efecte no es produeix i la llum es reparteix d'una manera més uniforme dins l'espai, perquè la superfície emet en totes direccions, segons la llei de Lambert. Dins aquesta categoria hi ha la majoria de superfícies enguixades i pintades, els arrebossats, estucs, aplacats de pedra sense polir, formigó i un llarg etcètera de materials amb acabat mat. Entre les dues situacions hi ha diferents graus de poliment de les superfícies, amb una tendència mat o especular segons el cas.

### 6.1.5 Continuitat visual

L'últim aspecte important en la configuració de l'espai és l'existència o no de continuïtat visual entre l'espai de transició i els espais adjacents. Com espais adjacents es consideren l'exterior de l'edifici i el seu interior. Aquesta continuïtat pot ser de diferent tipus, segons el grau de visió que es tingui de l'espai adjacent, i pot ser directe, a través d'un filtre o inexistent (figura 118).



**Figura 118:** continuïtat visual amb l'exterior i l'interior de l'edifici des de l'espai de transició: directe, amb filtre i inexistent

Un espai amb continuïtat visual amb l'exterior o l'interior permet la visió total o parcial de l'espai situat a continuació. Pot estar obert pels seus costats o tancat amb vidre transparent. Els espais oberts lateralment i en contacte visual amb l'exterior són porxos, lògies o similars, i l'espai exterior s'introdueix visualment en major o menor mesura segons el grau de tancament. De vegades només és necessària una coberta i uns graons per sobre del carrer per definir un espai. És el què veiem al Kimbell Art Museum (figura 98) o al pòrtic de l'Ospedale degli Innocenti a Florència (figura 119). Aquest és un tipus d'espai molt utilitzat com a transició entre interior i exterior, ja que proporciona un espai cobert, ombrívol i amb alta qualitat estètica.



**Figura 119:** pòrtic de l'Ospedale degli Innocenti a Florència (1445, F. Brunelleschi) i entrada a la biblioteca de la Philips Exeter Academy a New Hampshire (1972, L. Kahn)

Si el contacte visual es produeix amb l'interior, l'espai de transició funciona com una extensió d'aquest. És una solució bastant comuna que pot recórrer a recursos com canvis en l'alçada de l'espai o de cota del paviment per remarcar la separació entre el propi espai d'accés i l'interior de l'edifici. A la biblioteca Philips Exeter de Louis Kahn, l'espai d'entrada té contacte visual amb el gran espai central, situat a una cota superior, a través d'un doble espai on es troba l'escala que comunica amb aquest punt (figura 119).

La continuïtat visual directa amb l'exterior també es pot fer a través d'un tancament totalment de vidre que no deixi passar l'aire, però sí la llum. Aquest tipus de vestíbuls són igualment una prolongació de l'espai exterior tot i estar tancats físicament. Aquesta continuïtat es pot estendre també a l'interior de l'edifici, i normalment és així, però també poden estar físicament i visualment separats de la resta de l'edifici. En el cas de les oficines Bacardí a Mèxic (figura 120), tota la planta baixa està ocupada pel vestíbul que, a través del gran doble espai central, té visió a l'exterior i sobre la resta de l'edifici. D'una manera semblant, l'accés a la casa das Canoas de Niemeyer (figura 121) comparteix l'espai amb la sala i el menjador, i fins i tot amb el jardí, ja que el tancament de vidre suposa un límit tan sols físic perquè visualment tot l'espai està connectat amb l'entorn. En aquest cas, els espais privatis es troben en una planta inferior no visible des de la cota d'entrada.



**Figura 120:** oficines Bacardí a la Ciutat de Mèxic (1961, M. van der Rohe)



**Figura 121:** casa das Canoas a Rio de Janeiro (1951, O. Niemeyer)

També s'ha considerat l'opció d'una solució intermèdia, on el contacte visual es produeixi a través d'algun tipus de filtre, com barreres vegetals, tèxtils, gelosies o altres. Aquests elements permeten la visió parcial del següent espai, però en filtrar la vista estan filtrant també la llum de l'espai contigu.

*Els espais d'accés adopten moltes formes. Geometria i material serien els dos punts clau en el disseny d'aquests espais, i que més influeixen en la nostra percepció.*

## 6.2 Disseny de la llum

L'aspecte d'un espai està totalment lligat a com és la llum que hi incideix. L'exemple més fàcil és la diferència entre un espai vist amb llum natural o artificial. Naturalment, els dos tipus de font tenen característiques diferents, però també influeix la posició que tinguin en l'espai, la seva temperatura de color, la intensitat, etc. Tots aquests aspectes s'han resumit en un quadre amb tres categories i diferents aspectes de disseny. El quadre s'ha fet de manera genèrica sense precisar si es tracta de llum natural o artificial. La majoria d'aspectes poden referir-se als dos tipus de llum, i en cas de no ser així, s'ha especificat degudament. L'àmbit d'estudi d'aquesta tesi es centra en una situació diürna amb molta il·luminància exterior, i això faria pensar que l'espai de transició només cal que estigui il·luminat de manera natural. No obstant, molts cops hi ha il·luminació artificial que complementa la llum natural o bé la substitueix per compensar un repartiment desigual en l'espai. També pot ser utilitzada puntualment amb finalitats estètiques.

Per definir la llum s'han especificat tres categories: la primera fa referència a la procedència de la llum, la següent a la font i la última al grau de difusió de la llum, com mostra la figura 122.

CONFIGURACIÓ DE LA LLUM			
PROCEDÈNCIA	En planta	N	A
	En secció	N	A
	Composició	N	A
FONT	Grau d'obertura	N	
	Orientació	N	
	Intensitat		A
	Tipus de làmpades		A
GRAU DE DIFUSIÓ	% llum directa	N	A
	Aparença de la font	N	A

**Figura 122:** categories i aspectes de disseny relatius a la configuració de la llum

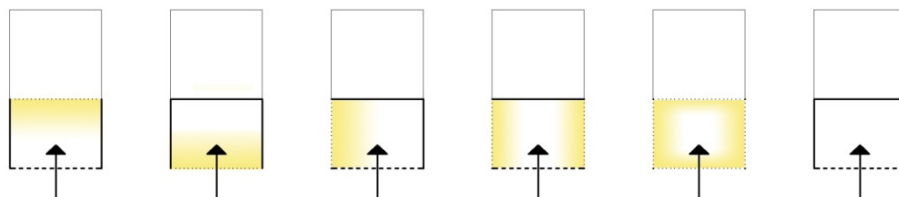
### 6.2.1 Procedència

La primera categoria de disseny de la llum és la seva procedència. Per definir-la cal prendre un punt de referència, que en aquest cas és la direcció d'entrada a l'espai. La vista de l'observador situat en aquest punt té una direcció i un sentit, l'eix d'entrada mirant cap a l'edifici. Un cop ubicats, s'ha de diferenciar entre la procedència en planta i en secció. A més, la composició de les fonts de llum també segueix un patró definit. Aquest concepte serveix tant per llum natural com artificial.

PROCEDÈNCIA	En planta	Frontal / posterior / un lateral / dos laterals / global / inexistent
	En secció	Zenital / superior / central / inferior / general
	Composició	Central / perifèrica / lineal / regular / irregular

La procedència de la llum **en planta** es refereix a la posició de fonts de llum en un espai vist en planta respecte un observador situat a l'accés. Sobretot afecta l'entrada de llum natural, però també fonts artificials que puguin estar situades en un pla vertical. Les opcions són varies

segons la llum vingui de davant l'observador, de darrere, dels laterals, de tot arreu o no existeixi entrada de llum en el pla vertical (figura 123).



**Figura 123:** procedència en planta de la llum: frontal, posterior, un lateral, dos laterals, global i inexistent

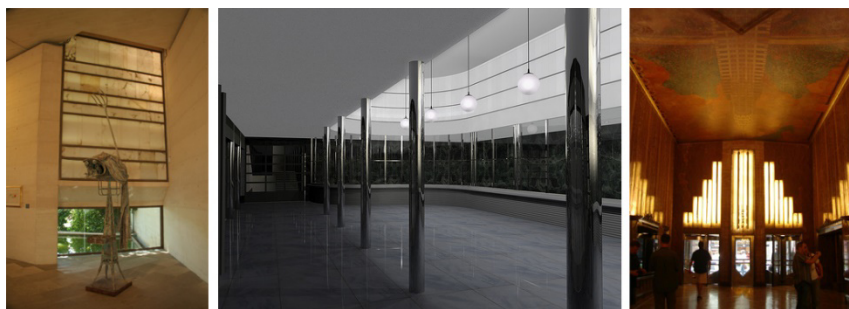
La primera opció és que la llum vingui de davant l'observador. Poden ser obertures situades a la paret frontal o bé una il·luminació artificial provinent d'aquest punt. L'opció oposada és que la llum vingui de darrere, amb obertures situades a la part posterior de l'observador o llum artificial en aquesta part. Per contra, si les obertures estan situades als costats de l'entrada, o bé els sistemes de llum artificial, parlarem d'una llum lateral. En aquest cas pot provenir d'un o dos laterals. Una altra opció és que l'entrada de llum estigui repartida d'una manera global, sense tenir una procedència molt clara. Per últim, es contempla que la llum vingui exclusivament del sostre, amb la qual cosa la procedència en planta és inexistent. No obstant, també es pot donar una combinació de solucions, sobre quan l'entrada és un tancament transparent i existeixen altres tipus d'il·luminació.

Si ens fixem en la procedència de la llum **en secció**, la línia de visió d'un observador normal serveix de referència per dir si la llum ve de sobre, de sota o està centrada. Una llum que incideixi per sobre de la vista pot ser zenital, si prové del sostre, o bé superior, quan es troba en el pla vertical per sobre de la línia de visió. Si la font es troba per sota, l'anomenarem inferior i quedarà molt propera al paviment. Si no hi ha una procedència assimilable a les anteriors pot ser perquè la font es troba centrada, o perquè es reparteix de manera que dona una llum general (figura 124). Igual que en el cas anterior, la posició de la font pot fer referència a la llum natural o artificial.



**Figura 124:** procedència en secció de la llum: zenital, superior, central, inferior i general

Les fonts de llum natural situades en un punt inferior a la línia de visió estan molt influenciades pel tipus de paviment de l'exterior, ja que aquesta superfície és visible des de l'interior si està arran de terra. En aquests casos la visió del cel o el paisatge es substitueix per una visió parcial de l'espai exterior, com a la Fundació Miró de Palma (figura 125). Quan les obertures es troben a la part superior, es prioritza la visió de la volta del cel i l'entrada de sol directe, en cas que el tancament sigui transparent. A l'oficina de Correus de la Via Marmorata a Roma, el vestíbul a doble alçada està recorregut a la seva part superior per un tancament de vidre translúcid que aporta llum a tot l'espai però no sol directe (figura 125). En el vestíbul de l'edifici Chrysler, la principal ubicació de luminàries és a la meitat superior de l'espai que, juntament amb el tipus de materials i la decoració, creen una atmosfera càlida i obscura a la part inferior (figura 125).



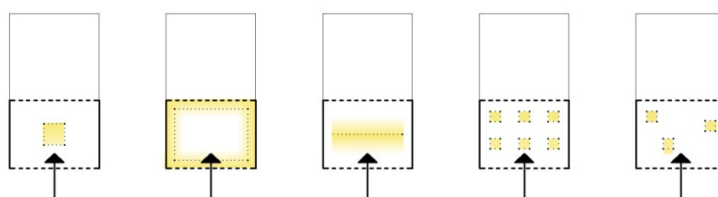
**Figura 125:** Museu Fundació Pilar i Joan Miró a Palma (1992, R. Moneo), edifici Correus a Roma (1932, A. Libera) i vestíbul Chrysler Building (1930, W. Van Allen)

En tots els casos, la llum pot ser natural o artificial. En alguns edificis on hi ha possibilitat d'accés a la llum natural, l'enllumenat artificial pot tenir funcions plàstiques, com passa al vestíbul del Whitney Museum a Nova York (figura 126), on l'interès de l'espai recau en el sostre degut a la distribució, quantitat i tipus de luminàries instal·lades. Quan es tracta de llum natural, es pot donar el cas de sostres molt transparents com el del British Museum que permeten la visió total del cel (figura 126). També es pot utilitzar la llum per crear taques en el terra que reparteixin la llum en l'espai (figura 126).



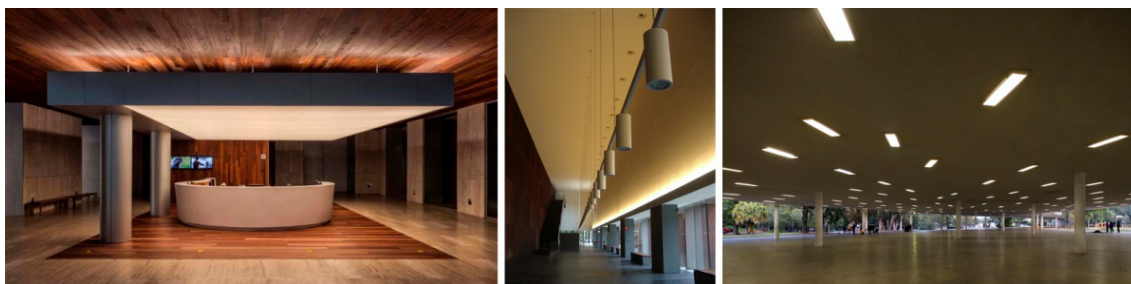
**Figura 126:** vestíbul Whitney Museum a Nova York (1966, M. Breuer), gran atri Isabel II al British Museum (2000, N. Foster), vestíbul Musée Soulages a Rodez (2014, RCR arquitectes)

Com que la distribució de llum dins l'espai pot provenir de diferents llocs, les solucions són moltes. No obstant, la seva **composició** acostuma a seguir un patró. Alguns espais segueixen un patró central i les fonts de llum, natural o artificial, s'ubiquen en aquesta zona de l'espai. Per contra, si es dóna preferència a les parets, la composició és perifèrica. Un altre esquema molt utilitzat és el lineal. Aquest cas es dóna quan hi ha una clara direccionalitat en la posició de les fonts de llum. Si bé els casos anteriors representen una certa jerarquia en la posició de la llum, altres casos consisteixen en una distribució regular de luminàries per l'espai. Un altre cas on tampoc es percep una forma clara a l'hora d'il·luminar és quan la distribució és irregular. En aquest últim cas es pot intentar destacar determinades zones de l'espai (figura 127).



**Figura 127:** composició de les fonts de llum: central, perimetral, lineal, regular i irregular





**Figura 128:** vestíbul Museo Arqueológico Nacional a Madrid (2014, J.P. Rodríguez Frade), vestíbul Baluarte, Palau de Congressos i Auditori de Navarra a Pamplona (2003, F. Mangado) i marquesina al parc Ibirapuera (1954, O. Niemeyer)

La composició de les fonts de llum en l'espai té una relació directa amb la seva forma i funció. Per exemple, al vestíbul del Museo Arqueológico Nacional (figura 127), la posició central del plafó de llum correspon amb la posició de la billeteria. Al Baluarte de Pamplona (figura 127), la forma allargada del vestíbul està remarcada per la línia de luminàries suspeses del sostre i les que banyen la paret per sobre de les obertures. En canvi, la marquesina del parc Ibirapuera (figura 127), amb forma d'ameba, té una il·luminació formada per una dispersió de luminàries allargades que segueixen el curs de la circulació malgrat la irregularitat de l'espai.

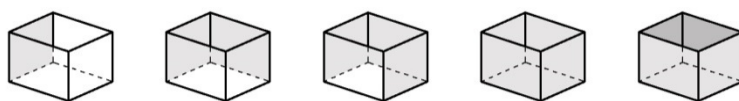
## 6.2.2 Font

La configuració de la llum en un espai està directament relacionada amb el tipus de font existent. Al punt anterior ens hem referit al repartiment de la llum en l'espai depenent de la seva posició, indistintament per llum natural o artificial, perquè és un aspecte que es pot referir als dos tipus. Com que els dos tipus poden coexistir, o fins i tot un espai d'accés pot estar il·luminat de manera voluntària amb llum artificial, cal conèixer les característiques principals de cada tipus de font. Aquí s'han definit quatre aspectes, que són dos per cada tipus de font. El grau d'obertura i la intensitat es refereixen a la quantitat de llum natural i artificial, respectivament. L'orientació i el tipus de làmpades es refereix a la qualitat de la llum, per llum natural i artificial, respectivament.

FONT	Grau d'obertura (sense el terra)	0-20% / 20-40% / 40-60% / 60-80% / 80-100%
	Orientació	Nord / sud / est / oest
	Intensitat	Alta / mitja / baixa
	Tipus de làmpades	Incandescència / descàrrega / LED / ...

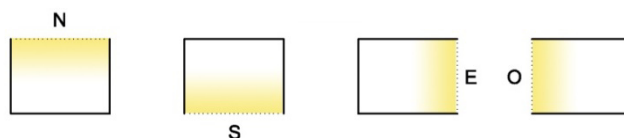
La quantitat de llum natural es defineix pel **grau d'obertura** de l'espai. Per comptabilitzar aquest grau es considera la superfície d'un espai prismàtic amb cinc cares (4 parets i sostre) i un terra. El màxim d'obertura correspondria a les cinc cares amb tancament de vidre, com un hivernacle, i el mínim equivaldria a una superfície de vidre menor que una de les cares del prisma (figura 129). Davant un espai de transició es pot fer una ràpida conversió a simple vista de l'equivalent a un percentatge d'obertura respecte aquestes cinc cares. La primera possibilitat és un espai amb una quantitat d'obertures menor a una de les seves cares (0-20%). A continuació, es defineixen quatre situacions més que corresponen, amb salts del 20%, a l'equivalent a dues, tres, quatre o cinc cares obertes de l'espai. En cas que l'espai sigui irregular o les obertures

estiguin repartides s'hauria de fer una aproximació al percentatge respecte totes les superfícies menys el terra. En exemples anteriors hem vist espais amb diferents graus d'obertura, com espais amb el sostre transparent, perimetralment envoltats de vidre, etc.



**Figura 129:** percentatge d'obertures respecte la superfície de pell: 0-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80% i 80-100%

La qualitat de la llum natural es defineix per l'**orientació** de les obertures, que fan que la llum sigui força diferent depenent d'on provingui. Per exemple, una llum de nord té una temperatura de color més freda que una llum procedent d'una obertura a ponent. L'orientació també influeix en la direccionalitat de la llum incident ja que pot permetre o no l'entrada directa dels raigs de sol. Atenent a l'orientació, la llum pot provenir de qualsevol dels quatre punts cardinals (nord, sud, est, oest) o bé ser una combinació d'aquests (figura 130).



**Figura 130:** orientació dels components de pas de la llum natural: nord, sud, est i oest

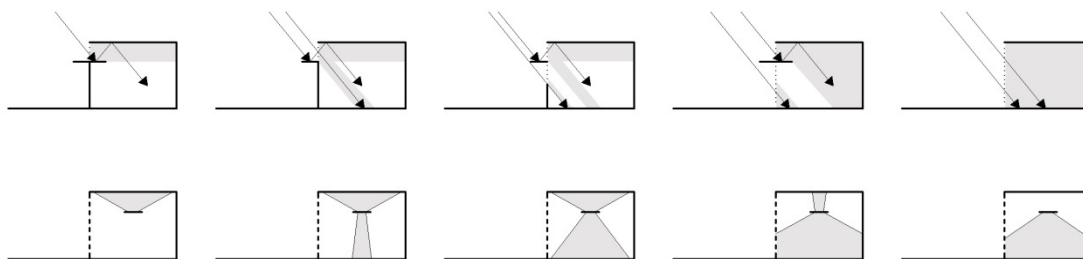
Si ens referim a la llum artificial, la quantitat es defineix per la **intensitat** de la llum instal·lada. Enlloc que donar valors exactes, la valoració es basa en una apreciació subjectiva, sobre tot en comparació amb la natural. Segons això, la intensitat pot ser alta si hi ha una gran quantitat de llum artificial respecte la natural, baixa si és gairebé inexistent enfront la natural, i mitja si la quantitat és similar.

Si predomina la llum artificial, serà important conèixer quines qualitats té. La qualitat de la llum artificial està condicionada pel **tipus de làmpades**, ja que defineixen la temperatura de color de la llum. Les opcions en aquest cas són varies, tot i que s'han definit tres grans grups: incandescència, descàrrega i LED. De manera molt genèrica i sense entrar en detall, la incandescència correspon a una llum més càlida mentre que les fonts de descàrrega proporcionen una llum més freda. Avui dia aquesta distinció és menys clara perquè les fonts de descàrrega també poden emetre llum càlida. A més, l'aparició de la tecnologia LED ha fet que el repertori de làmpades encara sigui més gran. L'altre aspecte referit a la qualitat és el tipus de luminària, que donarà una llum més directa o difusa, com veurem al següent punt.

### 6.2.3 Grau de difusió

La última categoria per definir la configuració de la llum té a veure amb la seva direccionalitat. Per una banda, s'especifica el percentatge de llum directa respecte la indirecta, i d'altra banda es descriu l'aparença de la font. Tot i que existeix una estreta relació entre aquests dos aspectes, no són del tot coincidents.

GRAU DE DIFUSIÓ	% llum directa	Indirecta / semiindirecta / mixta / semidirecta / directa
	Aparença de la font	Visible / oculta



**Figura 131:** diferents percentatges de llum directa per llum natural (a dalt) o artificial (a baix): indirecta, semiindirecta, mixta, semidirecta i directa

El **percentatge de llum directa** informa sobre la direccionalitat de la llum existent en un espai. Quant més petit és el percentatge, més indirecta és la llum, fent que aquesta resulti de primeres i successives reflexions. Al contrari, quan més gran és el percentatge, més s'aproxima a una llum de component directa. Els percentatges s'han dividit en cinc grups per especificar si la llum és indirecta (entre 0 i 10% de llum directa), semiindirecta (10-40%), mixta (40-60%), semidirecta (60-90%) o directa (90-100%) (figura 131).

Les luminàries artificials solen especificar quin percentatge de llum és directa i indirecta, sempre i quan s'hagin instal·lat de manera adequada. Amb la llum natural, però, els mecanismes per crear llum indirecta consisteixen en actuar geomètricament a les obertures, ja sigui mitjançant lluernes, prestatges de llum, lames o altres sistemes de control, fent que tota o una part de la llum incident sigui reflectida per la superfície. Als exemples de la figura 132 veiem dos espais expositius il·luminats amb llum natural de manera molt diferent. En el primer, la llum és introduïda a l'espai de manera directa, mentre que al segon la llum és completament indirecta.



**Figura 132:** sala de la Gipsoteca Canoviana a Possagno (1957, C. Scarpa) i sala Monet al Chichu Art Museum a Naoshima (2004, T. Ando)

Un altre aspecte relacionat amb el percentatge de llum directa és l'**aparença de la font** (figura 133). Aquest aspecte permet diferenciar les fonts de llum que són visibles de les que no ho són. En general, quan una font resta oculta a la vista, es creen il·luminacions de component més indirecta fent que la superfície il·luminada funcioni com a font lluminosa secundària per reflexió, tot i que no sempre és així. Quan es dona una llum directa amb la font oculta, l'efecte



és molt interessant visualment. En canvi, les fonts que resten aparents a l'ull acostumen a tenir una component molt més directa.



**Figura 133:** aparença de la font

Un cas de combinació de diferents aparences de la font és el Baluarte de Pamplona (figura 128). En aquest vestíbul hi ha una filera de luminàries penjades del sostre on la font és completament visible; en canvi, a la paret situada a la dreta de la imatge, les luminàries queden ocultes i generen una il·luminació totalment indirecta, al contrari de les luminàries suspeses. És interessant la il·luminació del vestíbul de la casa estudi de Luis Barragán (figura 115), on la finestra que il·lumina part del vestíbul i l'escala resta oculta a la vista, però produeix una llum directa sobre les superfícies de l'espai. Altres exemples de fonts ocultes que creen il·luminacions directes els podem trobar en exemples del Barroc, on es buscava un efecte simbòlic i sorprenent mitjançant la llum a través de la utilització de llum directa provinent d'obertures ocultes a l'observador, com a les capelles Altieri i Cornaro a Roma (figura 134). A la primera, la llum és lateral i les ombres creades sobre l'escultura de la Beata Albertoni destaquen en un entorn creat amb un efecte escenogràfic. A la segona, Bernini utilitza una llum zenital per ressaltar l'escultura de l'èxtasi de Santa Teresa, emfatitzada pels reflexes daurats de sobre les figures.



**Figura 134:** Èxtasi de la beata Ludovica Albertoni a la capella Alteri a S. Francesco a Ripa, Roma (1674) i Èxtasi de Santa Teresa a la capella Cornaro de Santa Maria della Vittoria, Roma (1651), dues obres de Gianlorenzo Bernini

*Les possibilitats estètiques de la llum són moltes. Una mateixa font, per exemple una finestra, pot variar completament l'aspecte d'un espai segons es situï, segons la seva orientació i forma o bé si es filtra d'alguna manera la seva llum. Totes aquestes consideracions són decisions que cal prendre a l'hora d'ubicar la font de llum, ni que sigui una única finestra.*



## Cap. 7 Els espais de transició a l'arquitectura mediterrània

Abans de l'adveniment de l'arquitectura moderna, cada territori tenia associada una manera de construir fruit del coneixement transmès generació rere generació; una arquitectura adaptada al clima, als materials i als mitjans disponibles en cada moment. La Mediterrània no és una excepció. Tot i estar formada per cultures de molt diferents costums, fet que determina les relacions entre les persones i la manera de viure en comunitat, l'arquitectura mediterrània té alguns trets característics comuns.

Com hem vist al Capítol 2, l'àmbit mediterrani es caracteritza per un elevat nivell de radiació amb estius calorosos i hiverns suaus, i una humitat més o menys moderada depenent del lloc. Això ha fet que una de les característiques fonamentals de la seva arquitectura sigui buscar l'ombra i fugir de la radiació. Aquesta característica es fa palesa en la forma i el color de les edificacions. Però també, per evitar l'excessiva calor a l'interior de les cases en determinades èpoques de l'any, l'arquitectura ha incorporat espais exteriors utilitzats com a prolongació de la casa i que li han aportat ombra i un ambient més fresc. No és l'objecte d'aquesta tesi analitzar tots aquests espais entre interior i exterior, però sí els que es troben a l'entrada de les cases. Aquests espais, a més, permeten atenuar l'excessiu contrast de llum que es produeix entre l'exterior i l'interior.



**Figura 135:** canyís a l'entrada de la casa per un fotògraf II al Delta de l'Ebre (2006, C. Ferrater) i emparat a l'entrada de les Bodegues González Byass de Jerez

La bondat del clima mediterrani permet una certa llibertat en dissenyar l'accés als edificis mitjançant la successió d'espais oberts i tancats en diferent mesura. En els països nòrdics, on el clima és més sever, la transició generalment es produeix a través d'espais tancats que tenen la funció principal de mantenir l'escalfor de l'interior; en aquests llocs l'adaptació visual és molt menys important que al clima mediterrani. Tornant a l'àmbit que ens ocupa, una entrada formada per una seqüència d'espais és molt estimulant visualment i a més facilita la transició entre exteriors molt lluminosos i interiors més foscos. Entre les composicions més recurrents hi ha porxos que precedeixen un vestíbul o bé porxos previs a un pati a través del qual s'accedeix al vestíbul (figura 136).



**Figura 136:** esquema d'espais d'accés articulats

L'element adossat a l'edificació, el porxo, pot estar fet de diferents materials depenent del lloc. Un dels tipus és el que deixa passar part de la llum, com els porxos vegetals de diferents espècies d'emparrat o bé els de canyís (figura 135). Quan no estan adossats, els porxos que precedeixen un pati solen conformar un aixopluc definit per la pròpia edificació o per edificacions auxiliars. En trames urbanes, on els carrers són continus, els porxos que precedeixen patis de cases formen part de l'edificació principal, com passa als palaus gòtics de ciutats com la de Palma o Barcelona (figures 137 i 138). L'efecte d'aquests patis en trames urbanes denses és el contrast entre la llum que aporten i la relativa foscor de l'entorn. En altres tipus d'entorns més dispersos, aquests porxos es troben definits per edificacions auxiliars, com passa en construccions agrícoles on delimiten una era central. És el cas dels *cortijos* o hisendes situats a Andalusia i altres àrees geogràfiques.



**Figura 137:** vistes dels patis del Museu Picasso de Barcelona



**Figura 138:** entrada a diferents palaus de Palma: Can Bordils al Carrer de l'Almudaina núm. 9 (actual Seu de l'Arxiu Municipal de Palma); Can Oms al Carrer de l'Almudaina núm. 7; Cal Comte de la Cova al Carrer Sol núm. 1 (actual Escola de Turisme de les Balears)

Un exemple de casa mediterrània formada al voltant d'un pati és la que es va construir Marco Zanuso a Sardenya (figura 139). En aquest exemple, l'ús dels materials i la lògica constructiva estan totalment vinculats a la tradició constructiva de l'illa, i a més, la transició entre l'interior i l'exterior es produeix a través d'un espai central buit, a cel obert, que comunica les dependències situades als vèrtex d'una planta quadrada. La forma és molt senzilla i aparentment tancada, vista des de fora. En canvi, l'interior té un funcionament obert, on l'espai de transició entre l'exterior fora murs i l'interior de les dependències tancades es produeix a través d'un espai obert que compleix també la funció de menjador i espai d'estar de la casa. Com no podia ser d'altra manera, l'espai es cobreix amb un element que produeix ombra, perquè l'espai sigui tèrmica i visualment confortable. La mateixa sobrietat la trobem a la casa de vacances a Anavyssos, projectada per Aris Konstantinidis (figura 140), on la transició entre

interior i exterior es produeix a través d'un porxo (semblant al de la casa Lis d'Utzon) que emmarca el paisatge i crea una entrada ombrívola en un entorn àrid i amb escassa vegetació. El mateix tipus de porxo és utilitzat a la part posterior de la casa com a zona d'estar.



**Figura 139:** casa de vacances a Arzachena, Sardenya (1964, M. Zanuso)



**Figura 140:** casa de vacances a Anavyssos, Grècia (1962, A. Konstantinidis)

Una altra de les característiques de l'arquitectura mediterrània és l'ús de materials i acabats que es comportin com a cossos selectius freds. A l'arquitectura vernacular, l'ús de materials estava limitat per la disponibilitat de recursos del propi lloc. Avui dia, en canvi, és possible utilitzar un ventall de materials més ampli, tot i que es procuri que aquests tinguin unes prestacions determinades. Els cossos freds, enfront de la radiació solar, són molt reflectants per les longituds d'ona visibles i l'infraroig pròxim i absorbeixen i emeten en gran mesura l'infraroig llunyà. En el món dels materials, això significa que en aquest clima s'utilitzen materials de colors clars, amb coeficients de reflexió elevats (blancs, ocres,...). Els materials en concret depenen de la regió geogràfica, però allà on la calor és més intensa són freqüents els revestiments blancs de calç que eviten el sobreescalfament de les parets, però reflecteixen en gran mesura la radiació visible, la llum.

*Amb tot el què s'ha dit, es podria afirmar que l'accés a l'arquitectura mediterrània es sol produir a través de porxos, patis, i altres tipus d'espais semioberts articulats entre ells. A més, l'ús de materials preferentment clars fa que les superfícies siguin molt reflectants i calgui interposar elements d'ombra que atenuïn aquest efecte, sobre tot porxos sobre les portes d'entrada.*

## Definicions etimològiques:

**Espai** *m.* [...] Medi on s'estableixen les relacions entre el sistema físic i l'activitat humana. *Espai lliure. Espai natural protegit.* | **espai vital** Superfície que cal a un grup, un poble, una nació, etc., per a poder viure amb les necessitats bàsiques satisfetes; camp psicològic que comprèn l'individu i el seu entorn. || [...] <sup>71</sup>

**Transició** *f.* Acció de passar més o menys ràpidament d'un estat a un altre, d'un assumpte, idea, etc., a un altre. *Una transició sobtada del fred a la calor. Passar del fred a la calor sense transició. Fer una transició. Terrenys de transició* || [...] <sup>72</sup>

**Vestíbul** *m.* Peça d'una casa situada a l'entrada i que dona accés a les peces interiors. || [...] <sup>73</sup>

**Espacio.** (Del lat. *spatium*.) *m.* Continente de todos los objetos sensibles que existen. || **2.** Parte de este continente que ocupa cada objeto sensible. || **3.** Capacidad de terreno, sitio o lugar. || [...] <sup>74</sup>

**Transición.** (Del lat. *transitio*.) *f.* Acción y efecto de pasar de un modo de ser o estar a otro distinto. || **2.** Paso más o menos rápido de una prueba, idea o materia a otra, en discursos o escritos. || **3.** Cambio repentino de tono o expresión. || [...] <sup>75</sup>

**Vestíbulo.** (Del lat. *vestibŭlum*.) *m.* Atrio o portal que está a la entrada de un edificio. || **2.** En los grandes hoteles, sala de amplias dimensiones próxima a la entrada del edificio. || **3.** Espacio cubierto dentro de la casa, que comunica la entrada con los aposentos o con un patio. || **4. recibimiento**, pieza que da entrada a los diferentes aposentos de una vivienda. || **5. Anat.** Una de las cavidades comprendidas en el laberinto del oído de los vertebrados. <sup>76</sup>

|| **P.** vestíbulo; **I.** y **F.** vestibule; **A.** Vorsaal; **It.** Vestibolo.

Sinónimos de vestíbulo:

*Recibimiento, antesala, entrada.* <sup>77</sup>

(V.: «Azaguán, casapuerta, ENTRADA, estragal, HALL – inglés – PATIO, \*PORTAL, RECIBIDOR [RECIBIMIENTO], ZAGUÁN [ZAGUANETE]. \*ATRIO. \*ENTRADA. \*HABITACIÓN. \*PÓRTICO.») <sup>78</sup>

---

<sup>71</sup> Institut d'Estudis Catalans. Diccionari de la Llengua Catalana. Enciclopèdia Catalana S.A. i Edicions 62 S.A.

<sup>72</sup> Íd.

<sup>73</sup> Íd.

<sup>74</sup> Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española.

<sup>75</sup> Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española.

<sup>76</sup> Íd.

<sup>77</sup> VOX. Diccionario Manual de Sinónimos y antónimos de la Lengua española.

<sup>78</sup> Diccionario de uso del español. María Moliner. Editorial Gredos.

### PART III – QUALITAT VISUAL DELS ESPAIS DE TRANSICIÓ

*Quins definidors ambientals cal considerar per satisfer les necessitats visuals dels vestíbuls, i quins valors han de tenir? Influeix el disseny en la seva qualitat visual? En quina mesura? Quines pautes de disseny haurien de seguir els espais d'accés per satisfer els seus requeriments visuals?*





## Cap. 8 Definidors de la qualitat visual dels espais de transició

Per la seva funció i característiques, la transició entre l'interior i l'exterior dels edificis es produeix en un espai que serveix de coixí per determinats aspectes ambientals. En el cas tèrmic la seva utilitat és clara, ja que contribueix a minimitzar pèrdues o guanys a través d'un espai que té uns requeriments tèrmics més flexibles que la resta de l'edifici. Pel que fa a l'acústica, amorteix l'entrada de soroll dins l'edifici. Posats en la situació lumínica, els espais d'accés tenen una funció ambiental molt important, que és facilitar l'adaptació entre nivells molt diferents entre l'interior i l'exterior de l'edifici. Aquesta és una de les seves funcions, tot i que no la única. Més enllà de l'adaptació, els espais de transició han de complir uns requisits visuals que permetin satisfer les necessitats associades a les funcions que hem vist al Capítol 4, i per això és necessari descriure com és l'ambient visual generat a l'espai.

La definició ambiental d'un espai es pot fer des de diferents vessants, pot ser física, fisiològica o psicològica. Si l'aproximació només fos física es limitaria a unes fórmules referents al confort lumínic que s'haurien de complir amb uns valors mínims. Però en la percepció d'un espai de manera global hi intervenen molt activament els aspectes fisiològics i psicològics, per això, en aquest capítol s'han integrat tots aquests punts, procurant fer una definició més completa de la **qualitat visual** de l'espai. La qualitat visual d'un espai al·ludeix a la impressió subjectiva que genera, ja que en entorns reals la qualitat és més important que la quantitat com a factor determinant de l'avaluació perceptiva<sup>79</sup>. Es considera que tractant la qualitat visual es dona una resposta més completa perquè a més dels paràmetres lumínics, integra els aspectes relacionats amb el disseny de l'espai i la llum.

La qualitat visual, en la literatura científica, es refereix a la qualitat d'un ambient generat a través de la llum, i es basa en una sèrie de punts formats per paràmetres lumínics i altres aspectes<sup>80</sup>:

- Nivell d'il·luminació
- Distribució de luminàncies en el camp visual
- Enlluernament
- Modelat
- Qualitat de color (temperatura i índex de rendiment)
- Esquema de color

Aquests punts es repeteixen de manera semblant en altres publicacions, afegint altres aspectes com el tipus d'ambient generat o altres impressions subjectives. La voluntat d'aquesta tesi és incidir en aquests aspectes referents a la qualitat, sense tractar la llum com a fenomen aïllat sinó integrat en un concepte més global, més ampli, relacionat amb l'espai, el temps i la percepció de l'ambient. En el cas concret dels espais de transició, en tant que espais on no s'ha de dur a terme una tasca visual en detall, es pot considerar que la il·luminació és més subjectiva que funcional. És a dir, en aquests espais es valora més l'èmfasi que la uniformitat, la presència de luminàries pot tenir un sentit més estètic que funcional, es dona importància a la coherència

---

<sup>79</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

<sup>80</sup> Philips. Manual de luminotecnica. Capítulo 1: Cantidad y calidad del alumbrado interior

de la disposició de la il·luminació enfront de l'ordre i es valoren més els contrastos alts que els que són massa baixos<sup>81</sup>.

Un dels aspectes que diferencien aquests espais d'altres és el moviment dels usuaris, fent que els requeriments visuals d'aquest espai no siguin exactament els mateixos que els d'un observador estàtic. El canvi de posició en l'espai fa que el camp visual vagi canviant, i per tant la posició i la lluminositat relativa de les seves superfícies, passant d'escenes visuals molt brillants a l'exterior en un dia clar, a escenes visuals notablement més fosques en poc temps (figura 141). Durant el lapse de temps que dura aquest canvi, l'observador es troba circulant per l'espai de transició.



**Figura 141:** escenes visuals durant el recorregut d'entrada a l'edifici Caixaforum Barcelona

A més de considerar la visió durant el recorregut abans d'entrar a l'edifici, també cal tenir en compte la composició de l'escena visual dins el propi espai perquè ofereixi una imatge clara i entenedora, accentuant els punts necessaris per l'orientació i generant una imatge atractiva i estimulante a través de la llum i l'espai.

A partir d'aquests condicionants, s'ha plantejat l'anàlisi de la qualitat visual dels espais de transició amb una explicació a fons dels definidors ambientals que hi intervenen i els seus efectes. Aquests definidors integren els aspectes de la qualitat d'un ambient mitjançant la llum, i s'hi afegeixen altres aspectes relacionats amb la valoració personal de l'ambient. Aquests últims són de caire més subjectiu, depenen del propi individu, i tenen a veure amb el color de la llum i l'espai, amb la relació visual que es produeix amb l'exterior i amb el tipus d'atmosfera creada. Els definidors ambientals que es planteja analitzar són:

- Paràmetres específics i genèrics
- Esquema de color
- Relació amb l'exterior
- Atmosfera creada
- Factors de l'usuari

Al final del capítol, després de valorar exhaustivament com intervenen aquests aspectes en la qualitat visual de l'espai, s'ha fet una síntesi explicant quins tenen més rellevància i per què.

*En avaluar un espai de transició des del punt de vista de la seva aparença, no ens fixarem només en els paràmetres de confort visual sinó que utilitzarem uns definidors que especifiquin la qualitat visual d'aquests espais.*

---

<sup>81</sup> Jay P.A. Review: Subjective criteria for lighting design. *Lighting Research and Technology* 34,2 (2002) pp. 87-90

## 8.1 Paràmetres específics i genèrics

La valoració física de la qualitat visual d'un espai es defineix a partir de paràmetres específics i genèrics. Els paràmetres específics són relatius al sentit de la vista i mesurables físicament. Els generals afecten la direccionalitat dels efectes, la variació en el temps i les variacions en l'espai dels paràmetres anteriors<sup>82</sup>. En definitiva, els paràmetres específics donen resposta a les següents preguntes:

- Quanta llum hi ha en aquest espai?
- Com és aquesta llum?

La quantitat de llum es valora, com hem vist al punt 1.1, mitjançant un paràmetre anomenat **il·luminància** (*E*) mesurat en lux (lx), que ens informa sobre quanta llum arriba a un punt. Aquest paràmetre és el més utilitzat per definir o dissenyar la il·luminació d'un espai, degut a la facilitat amb què es pot mesurar i perquè ofereix una escala útil per la majoria de tasques visuals. Per això, els manuals de luminotècnia i les normatives compten amb nombroses taules on es fixen els valors mínims en lux que ha de complir la il·luminació d'un espai segons el seu ús i el tipus de tasca visual, sense entrar en altres aspectes. Com a mostra, a les taules 7-9 hi ha alguns valors orientatius extrets de diferents manuals.

**Taula 7:** resum dels requisits d'il·luminació per activitats segons la UNE 12464.1 *Norma europea sobre il·luminación para interiores*; la segona columna mostra el rang de valors d'il·luminància recomanats per ús dels edificis; la quarta columna mostra els valors d'il·luminància recomanats per espais assimilables als espais de transició; la cinquena columna mostra l'índex de rendiment en color recomanable

Ús edifici	Rang E (lx)	Ús espai	E (lx)	R <sub>a</sub>
Sanitari	100-1000	Sala d'espera	200	80
		Enllumenat general	100-500	80-90
Educatiu	100-750	Hall entrada	200	80
Oficines	200-750	Mostrador recepció	300	80
Pública concurrència	75-500	Halls entrada	100	80
		Recepció restaurants	300	80
Transport	50-500	Àrea connexió aeroports	150	80
		Vestíbul ferroviari	200	40
Industrial i artesanal	20-2000			
Zona tràfic i àrees comunes d'edificis	20-500	Àrees circulació i passadissos	100	40

**Taula 8:** valors recomanats d'il·luminància segons categories relacionades amb la tasca visual, extret de *The IESNA Lighting Handbook*

Orientació i tasques visuals senzilles	A	Espais públics	30 lx
	B	Només orientació i visites curtes	50 lx
	C	Espais de treball amb tasques visuals senzilles	100 lx
Tasques visuals comuns	D	Tasques visuals d'alt contrast i mida gran	300 lx
	E	Tasques visuals d'alt contrast i mida petita o contrast baix i mida gran	500 lx
	F	Tasques visuals de baix contrast i mida petita	1000 lx
Tasques visuals especials	G	Tasques visuals properes al llindar	3000-1000 lx

<sup>82</sup> Serra R., Coch H. Arquitectura y energía natural

**Taula 9:** valors d'il·luminància recomanats segons tasca visual extrets del *Manual de alumbrado Philips*

Enllumenat general en locals d'ús poc freqüent	20*-200 lx
Enllumenat general en locals de treball	200-2000 lx
Enllumenat addicional localitzat	2000-20000 lx

\*valor de 20 lx recomanat per espais de circulació

Segons aquestes taules, el nivell mínim recomanat en els espais de transició es trobaria entre els 20 lx<sup>83</sup> si només calgués proporcionar un mínim de visibilitat per poder circular amb seguretat (aquest valor és el que permet la distinció del rostre humà amb una luminància aproximada d'1 cd/m<sup>2</sup>), i els 300 lx<sup>84</sup> en el cas de recepcions de restaurants u oficines. Si els considerem espais de circulació i zones de pas els valors estarien al voltant dels 100-150 lx. En vestíbuls on els usuaris no coneixen l'espai o són persones grans, seria aconsellable augmentar aquests valors. Tanmateix, si una cosa hem vist en els capítols anteriors és que aquests espais són quelcom més que una zona de circulació i la definició de la seva il·luminància no és suficient per arribar a una solució satisfactòria. De fet, en els últims anys, s'està posant seriosament en qüestió el model basat en la quantitat de llum i en el seu lloc es prefereixen altres paràmetres referits a l'aspecte de l'entorn visual. En aquesta línia, la luminància és un paràmetre que s'acosta més a la manera com hi veiem i defineix millor un entorn visual.

Com que no veiem llum, sinó superfícies distribuïdes pel camp visual que reflecteixen llum, la **luminància** (*L*) explica millor la visió de l'entorn. Els valors de luminància que l'ull humà és capaç de percebre cobreixen un rang molt gran, de l'ordre de 6 unitats logarítmiques, i van des de superfícies il·luminades de nit amb valors entre 10<sup>-2</sup> i 10<sup>-3</sup> cd/m<sup>2</sup> fins a objectes molt clars vistos a ple sol, per sobre de 20000 cd/m<sup>2</sup> (taula 1 al punt 2.3). Mesurar i valorar aquest paràmetre és menys immediat que en el cas de la il·luminància, ja que cal un estudi de la distribució de les superfícies que formen l'espai i les seves reflectàncies i la quantitat de llum que els hi incideix. A més, existeix una diferència entre la luminància com a magnitud física i la lluminositat percebuda, que pot variar segons el context. Per això, en un espai de transició no és possible donar valors absoluts, sinó una distribució de lluminositats en l'espai, com veurem més endavant.

A banda de la quantitat, cal conèixer la qualitat de la llum. Les fonts, natural i artificials, quan emeten llum ho fan mitjançant una combinació de diferents longituds d'ona per generar llum blanca. Però no totes les llums blanques són idèntiques, es diferencien per la seva distribució espectral. Per definir d'una manera simplificada com és aquesta llum, s'ha optat per dos paràmetres, la temperatura de color i l'índex de rendiment en color.






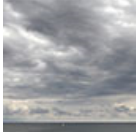

La **temperatura de color** (*T<sub>c</sub>*) és un paràmetre qualitatiu que té a veure amb l'espectre d'emissió de la font. Es mesura en graus Kelvin (K) i es defineix com la temperatura equivalent que hauria de tenir un cos negre per produir una llum del mateix color que la font. La *T<sub>c</sub>* es refereix al matís de llums blanques, i facilita una descripció de la llum que també es podria fer donant les seves coordenades cromàtiques o mitjançant l'espectre d'emissió. Per conveni, s'ha adoptat aquest paràmetre ja que és prou descriptiu per si sol. El seu valor, al contrari del què podria semblar, identifica les temperatures altes amb llums fredes que adopten tonalitats blavoses i les

<sup>83</sup> Philips. Manual de luminotecnica

<sup>84</sup> UNE 12464.1 Norma europea sobre iluminación para interiores

temperatures baixes amb colors més càlids, tendint a vermell, taronja i groc. Una llum es considera càlida quan té una  $T_c$  menor a 3300 K, intermèdia si està entre 3300-5300 K i freda si té una temperatura per sobre de 5300 K. A la taula 10 es mostren alguns valors orientatius de diverses fonts i la seva temperatura de color.

**Taula 10:** temperatura de color de diferents fonts de llum<sup>85</sup>

Espelma	Incandes-cència	Fluorescent neutre	Fluorescent blanc fred	Sol	Cel cobert	Cel sense sol
						
1850 K	2700 K	3500 K	4100 K	5800 K	6000 K	30000 K

La temperatura de color de la llum influeix en la qualitat d'un ambient i el confort visual sobretot si es posa en relació amb el nivell de llum. Com veurem més endavant, que una font de llum tingui un valor o un altre de temperatura de color no és indicatiu per sí sol de la qualitat d'un ambient. El que sí es pot afirmar, és que el sistema visual funciona de manera més relaxada quan la llum s'assembla més a la natural. En espais d'accés, la imatge de l'espai dependrà molt de l'ambient que es creï amb aquesta relació entre temperatura de color i il·luminància.

L'altre paràmetre que qualifica la llum és l'**índex de rendiment en color** ( $R_a$ ). El seu valor indica el grau de fidelitat que té una llum en la reproducció dels colors dels objectes. Segons la *Comission Internationale de l'Éclairage* (CIE) el valor teòric d'aquest índex oscil·la entre 0 i 100, de menor a major fidelitat de reproducció, i el valor recomanat està establert en grups que justifiquen la seva necessitat en diferents aplicacions (Taula 11). Encara que la majoria de fonts de llum tenen valors de  $R_a$  més que acceptables, existeixen altres que són molt eficaços pel que fa a la relació entre llum emesa i consum (lm/W) però amb una reproducció cromàtica deficient, com les fonts de vapor de sodi. Si bé en determinats usos, com enlluminat de vials, són admeses perquè l'aparença de color no és prioritària, en altres cal evitar-les. Pel que fa als espais de transició, tot i que la CIE no els anomena específicament, la UNE 12464.1 *Norma europea sobre il·luminació para interiores* (taula 7) recomana per espais assimilables uns valors al voltant de 80, que segons la CIE correspon a una identificació dels colors exacta. Principalment, el què es demana a aquests tipus d'espais és que la llum permeti el reconeixement facial de manera correcta.

**Taula 11:** definició de grups de rendiment de color per aplicacions, segons la CIE

Grup	$R_a$	Importància	Aplicació
1A	90-100	Emparellament de colors exacte	Galeries, examinació mèdica, mescla de colors, indústria gràfica i tèxtil
1B	80-90	Identificació de colors exacta	Habitatge, hotels, oficines, escoles
2	60-80	Interpretació de colors moderada	Indústria, oficines, escoles
3	40-60	Interpretació de colors de poca importància	Indústria, equipaments esportius
4	20-40	Interpretació de colors sense importància	Il·luminació de vials

<sup>85</sup> Extret de: Jacobs, A. SynthLight Handbook. Chapter 1: Fundamentals

Complir amb la quantitat suficient de llum amb una qualitat cromàtica adequada assegura la visibilitat, una certa qualitat visual i que els usuaris es moguin per l'espai amb seguretat. Però dissenyar l'arquitectura pensant en el compliment d'uns valors mínims no és suficient, sinó que cal utilitzar la llum per crear espais estimulants visualment i que satisfacin un ventall més ampli de necessitats. Per assolir aquest objectiu, la llum s'ha de contextualitzar, pensant en la seva interacció amb l'espai i la variació al llarg d'un recorregut, responant un altre tipus de preguntes que van més enllà de quanta llum hi ha i com és:

- Com es reparteix la llum en l'espai?
- Quin aspecte tenen les seves superfícies?
- Com varia la llum al llarg d'un recorregut?
- Com es veuen els objectes dins l'espai?

Aquestes preguntes tenen relació amb tres aspectes bàsics de la percepció dels estímuls visuals: la interacció amb l'espai, la variabilitat en el temps i la direccionalitat de l'estímul. Per tant, els paràmetres anteriors no tenen valor de manera aïllada, sinó que s'han de posar en context.

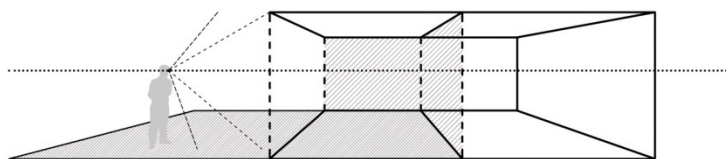
*Els paràmetres de confort visual ofereixen una resposta directa a la quantitat i el tipus de llum de l'espai d'accés; per analitzar-ne la visió cal anar un pas més enllà i contextualitzar-los.*

### 8.1.1 Relació dels paràmetres amb l'espai

Analitzar la relació de la llum amb l'espai és imprescindible per crear solucions estimulants visualment i no espais homogenis amb poc interès. Si només es donés resposta als paràmetres definits més amunt mitjançant una distribució uniforme de luminàries amb el mateix flux,  $T_c$  i  $R_a$ , es complirien els requisits bàsics d'una il·luminació, però l'espai no tindria cap valor afegit. En canvi, si es creen zones diferentment il·luminades, es banyen algunes parets amb llum i es destaca la informació visual interessant, per exemple, l'espai guanya qualitat. Per això, obtenir resultats visualment satisfactoris depèn, entre altres aspectes, de com es reparteix la llum dins l'espai. També cal tenir en compte el significat que aporta la llum, ja que solucions acceptades en determinats usos en altres no ho són, com per exemple l'ús d'una llum càlida i tènue en un restaurant íntim però no en un laboratori. Els efectes del repartiment de la llum en un espai han de ser tractats des de dues vessants: la de la llum que arriba a les superfícies i la de la lluminositat que ofereixen.

Com hem vist repetidament en aquesta tesi, la llum que arriba a les superfícies d'un espai es mesura amb la **il·luminància**, també anomenada nivell d'il·luminació. Aquest paràmetre depèn del número, intensitat i posició de les fonts (naturals o artificials), així com de les característiques òptiques de les superfícies, que reflecteixen en major o menor mesura la llum. La llum que arriba a un punt de l'espai s'acostuma a mesurar en els plans principals de l'arquitectura, l'horitzontal ( $E_h$ ) i el vertical ( $E_v$ ), que reben el nom de pla de treball. En espais amb tasques d'oficina o estudi, el pla de treball és horitzontal i es troba a uns 70 cm del terra. En espais expositius, el pla de treball són les parets a una alçada propera als ulls. Quan parlem d'espais d'accés, els plans de treball principals el formen el terra i les parets, ja que les dues superfícies tenen màxima presència en el camp visual i és on es troba la informació important

(figura 142). El terra és important per ser la superfície per la qual es transita, i ha de ser perfectament visible. Les parets, d'altra banda, juguen un paper molt important en l'orientació ja que contenen senyals indispensables per aquesta tasca.



**Figura 142:** plans de treball d'un espai de transició

Que terra i parets siguin els plans de treball no implica que hagin de ser tractats de manera uniforme. Una certa diferenciació entre zones ajuda a destacar els aspectes més interessants en un entorn lluminós, on les coses que volem o necessitem veure cal que siguin clarament visibles, i les coses que no volem veure o no són necessàries es poden deixar d'emfatitzar o ocultar a la vista<sup>86</sup>. Les diferències en il·luminació es poden calcular analíticament relacionant els valors d'il·luminància d'un espai entre si. Aquesta relació es pot expressar mitjançant un índex anomenat **uniformitat de nivell** que, bàsicament, posa en relació els valors màxim i mínim d'il·luminància, o bé el mínim i el mitjà d'un espai:

$$E_M / E_m \quad E_m / E_{mig} (E_{mig} / E_m)$$

On  $E_M$  és el valor màxim,  $E_m$  el valor mínim i  $E_{mig}$  el valor mitjà.

Aquest índex mostra si les diferències de llum dins un espai són perceptibles o si existeixen valors que despunten per dalt o per baix. Segons la CIE<sup>87</sup>, els valors recomanables per aquest índex són  $E_m/E_{mig} \geq 0.8$  ó  $E_{mig}/E_m \leq 1.25$ . D'altra banda, la British Standard Institution<sup>88</sup> estableix que la relació entre la il·luminació mitjana de locals adjacents no hauria de ser inferior a 1/5, per exemple en espais de circulació. Val a dir, però, que els valors de referència d'aquest índex corresponen a la planta, deixant de banda què passa amb altres superfícies de l'espai i sobre tot a la manera com es veuen.

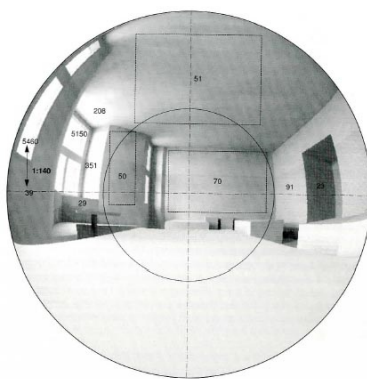
En aquest sentit, la visió tridimensional més completa de l'aspecte lumínic d'un espai s'explica mitjançant la distribució de **luminàncies** en el camp visual. Des del punt de vista de l'observador, un espai mai és vist en la seva totalitat sinó que es veuen els elements i superfícies que abasta el camp visual en una direcció determinada. Si considerem cada escena de manera abstracta, es tracta d'una distribució de taques amb diferents lluminositats en posicions diverses respecte el centre del camp visual (figura 143). La lluminositat d'aquestes taques depèn de la llum que els arriba i de les característiques òptiques de la superfície.

<sup>86</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

<sup>87</sup> CIE "Recommendations on illuminance" in Guide on interior lighting, publication CIE nº 29.2, 1986, part 3

<sup>88</sup> BS EN 12464-1:2011. Light and Lighting. Lighting of work places. Indoor work places





**Figura 143:** exemple gràfic amb visió d'ull de peix de les relacions de luminància a l'escena visual d'una habitació del projecte de l'hospital de Foligno (Studio CSPE, Firenze)<sup>89</sup>

La lluminositat d'un espai depèn de la luminància d'aquestes taques de llum, malgrat que la nostra visió no percebi exactament el valor de luminància mesurat. Per això cal diferenciar entre el valor físic, la luminància, i la llum percebuda, la lluminositat (*brightness*<sup>90</sup>). Lluminositat i luminància no es corresponen perquè els mecanismes de la percepció visual alteren la visió de claredats i colors a través d'aspectes com la constància i el contrast. De fet, el sistema visual humà no funciona de manera lineal fent que a un estímul duplicat li correspongui una sensació també duplicada sinó que la percepció té un comportament logarítmic enfront l'estímul. Aquesta relació està definida per la llei de Weber-Fechner que hem vist al punt 1.4. Segons aquesta llei, quan els nivells de luminància són baixos una petita variació de llum és perceptible, mentre que amb nivells alts, cal una aportació més gran de llum per notar una variació. A més, el context interfereix totalment en la sensació. A grans trets, la percepció de claredat o lluminositat d'una superfície és funció de l'estat d'adaptació de la vista, del valor de luminància de la superfície i de la luminància de les superfícies que l'envolten. Hi ha un altre aspecte més subjectiu que són les expectatives visuals, que fan que quan esperem trobar-nos un espai clar i no ho és, el trobem massa fosc, i al contrari, si esperem que un espai sigui fosc i és clar, el trobem massa clar<sup>91</sup>.

L'estat d'adaptació de la vista és un mecanisme pel qual el sistema visual estabilitza la seva sensibilitat a un valor de lluminositat que actua com a estàndard de referència. Si un objecte té una luminància més gran que aquest valor es percep com a lluminós, i si té una luminància menor es percep com a fosc<sup>92</sup>. Aquest fenomen serveix per remarcar zones de l'espai amb tocs de llum (*highlights*). L'estat d'adaptació és especialment crític en desplaçar-se d'un espai a un altre, com succeeix en accedir a un edifici a través de l'espai de transició, ja que la lluminositat de referència va canviant constantment. Com que es tracta de la variació del paràmetre en el temps, aquest tema el veurem amb més detall al següent punt.

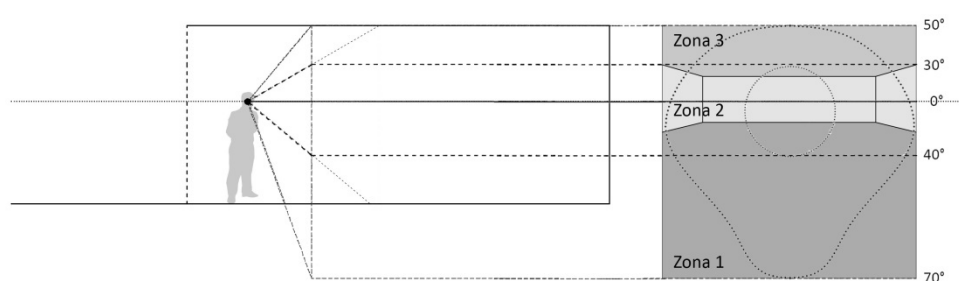
<sup>89</sup> Imatge extreta de: Torricelli M.C. La luce del giorno: tecnologie e strumenti per la progettazione

<sup>90</sup> El terme *brightness* es refereix a la sensació de lluminositat aplicada a un objecte o superfície i també a la brillantor d'un color. En aquesta tesi, hem optat pels termes lluminositat i brillantor per diferenciar aquests dos matisos del mateix mot.

<sup>91</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

<sup>92</sup> R. G. Hopkinson i J. D. Kay, *The Lighting of Buildings*, Praeger, New York, 1960, p. 46

A banda de l'estat d'adaptació, la percepció de lluminositat d'un espai està determinada per aspectes lumínics com la luminància de les superfícies del voltant i geomètrics com la posició i proporció d'aquestes dins l'espai. Aquests termes serveixen per definir l'escena visual de l'espai. Igual que s'ha fet al Capítol 2 amb l'escena visual d'un entorn urbà, les parts que formen l'escena visual d'un espai interior són: el terra, les parets i el sostre. La seva posició respecte el camp visual és sempre la mateixa: el terra a la part inferior (Zona 1), les parets a la part central (Zona 2), i el sostre a la part superior (Zona 3). La part central del camp visual normalment està ocupada per les parets i bona part del paviment. En canvi, el sostre i la resta del paviment es troben a la zona de visió perifèrica, fora de la zona amb més sensibilitat visual. Per tant, el terra i les parets són les parts que tenen més presència dins l'escena (figura 144). Com que a més compleixen una funció molt important en l'orientació i comprensió de l'espai per part dels usuaris, cal posar-hi una atenció especial i cal que estiguin ben il·luminats. El sostre, en canvi, acostuma a ser poc transcendent ja que gairebé no és visible en la majoria dels casos, tot i que en funció de les dimensions i morfologia de l'espai pot tenir una major presència.



**Figura 144:** escena visual d'un espai interior des del punt de vista d'un observador dempeus, amb les tres zones corresponents al terra, les parets i el sostre

Un cop definida la seva posició dins l'escena, els valors de luminància d'aquestes superfícies estan lligats a la quantitat de llum que arriba a l'espai. Per exemple, a un interior amb un nivell mitjà de 300 lx sobre el terra, difícilment es superaran les 100 cd/m<sup>2</sup> en les seves superfícies; en canvi, en un espai amb grans obertures i valors vora els 1000 lx a prop de les finestres, les luminàncies podran augmentar fins a 300-350 cd/m<sup>2</sup>. Si es desitja obtenir luminàncies amb valors superiors que contrastin amb aquests, és necessari que en alguns punts hi hagi valors d'il·luminància més alts, que es poden aconseguir il·luminant localment. En el cas dels espais de transició, situats en una posició intermèdia entre interior i exterior, es poden aconseguir luminàncies altes mitjançant l'ús d'espais molt oberts com porxos, patis o altres, que facin augmentar notablement els nivells d'il·luminància a l'interior. Tot i no assolir-se valors tan alts com a l'exterior mediterrani, aquests espais poden facilitar la transició entre la llum de l'interior i l'exterior, com veurem al següent punt.

Algunes recomanacions sobre el repartiment de luminàncies dins un espai il·luminat de manera artificial es poden trobar en diferents publicacions com el *Manual de Alumbrado Philips* (taula 12), on es donen valors típics per interiors amb la finalitat de dissenyar una instal·lació d'enllumenat atenent a l'aspecte de les seves superfícies. Segons aquestes recomanacions, els valors adequats per terra i sostres estarien entre 50 i 200 cd/m<sup>2</sup>, que correspondrien a il·luminacions entre 150 i 600 lx aproximadament.

**Taula 12:** escala de luminàncies per enllumenat interior segons el Manual de Alumbrado Philips

L (cd/m <sup>2</sup> )		
Màxima sensibilitat de contrast	10000	Luminància permissible en luminàries
	5000	
	2000	
	1000	
Luminància preferida en tasques visuals	500	Luminància preferida a parets i sostres
	200	
	100	
	50	
Trets del rostre humà	20	Visibles satisfactòriament
	10	Ben just visibles
	5	
	2	
Luminància recomanada en enllumenat públic	1	

Aquests valors s'han de prendre com un valor orientatiu, perquè la singularitat dels espais de transició permet emprar valors majors o menors si es desitja. A més, com que la percepció de lluminositat està afectada pel **contrast simultani**, es pot treure partit de la combinació de superfícies fosques i clares en un context que els doni una aparença diferent, més accentuada del què és en realitat.



**Figura 145:** efectes del contrast simultani d'una superfície del mateix color sobre superfícies amb brillantor diferent

Malgrat els efectes del contrast simultani, la relació quantitativa de lluminositats es pot arribar a aproximar. Algunes publicacions estableixen relacions entre valors de luminància, principalment en entorns d'oficines, amb la intenció de millorar la productivitat i el confort dels treballadors i evitar la fatiga visual. En aquests entorns es recomanen relacions de 3:1 entre la tasca i l'entorn immediat, de 5:1 entre la tasca i l'entorn general, de 10:1 entre la tasca i l'entorn llunyà, i de 20:1 entre la font de llum i una superfície gran adjacent<sup>93</sup>. De manera més general, també es defineixen relacions de 3:1 entre una superfície i un fons per generar un focus d'atenció; o de 10:1 per convertir un element en una força visual dominant. De fet, per donar a una figura una

<sup>93</sup> Lechner N. Heating, cooling, lighting. Design methods for architects

preeminència visual no seria necessària una relació més enllà de 5 a 1<sup>94</sup>. Si tenim en compte que en un interior il·luminat de manera moderada s'assoleixen 100 cd/m<sup>2</sup> com a valor mitjà, caldria arribar a 500 cd/m<sup>2</sup> per destacar determinats elements sobre la resta.

En valorar el contrast cal tenir sempre en consideració les preferències dels usuaris, que poden variar els límits de confort. Això fa que elements potencialment pertorbadors visualment, com una làmpada ornamental molt lluminosa, puguin ser percebuts i valorats de manera positiva<sup>95</sup> tot i ser potencialment molestos. El contingut altament perceptiu i amb aspectes subjectius del contrast fa que sigui difícil establir una norma, encara menys en espais com els d'accés. Malgrat tot, una màxima vàlida per establir el contrast en un espai consisteix en obtenir un cert equilibri: *[...] Extreme light and dark contrasts in a room should be avoided. Differences in luminous density within a person's field of view affect the eye's adaptation to light and dark. During this adjustment, visual capacity is reduced. If the differences between the luminous densities within view are too great, the iris muscle is trained, causing eye fatigue. [...] Too weak a contrast should also be avoided because this leads to a loss in the quality of three-dimensional perception. A harmonious distribution of light and dark contrasts provides visual comfort in interior spaces. This means ensuring that the direction and conduct of light is optimal, and also providing areas where the light is less dense. Rooms that have uniform, diffuse light without contrast are monotonous. [...]'*<sup>96</sup>.

Les estratègies per millorar el contrast i la correcta percepció de les formes dins l'espai consisteixen en utilitzar valors de luminància prou distants repartits per l'espai (zones més i menys il·luminades) o bé la utilització de materials amb diferents propietats òptiques (diferents coeficients de reflexió). Cal tenir també en compte l'efecte fototròpic de la llum sobre les persones, de manera que les zones més il·luminades acaparen la nostra atenció i ens atrauen visualment, fet que pot ser utilitzar com a recurs en espais on no és necessària una isotropia visual de l'espai com els espais de transició.

La visió global de l'espai com a més o menys lluminós també es pot explicar amb un terme anomenat lluminositat espacial (*spatial brightness*<sup>97</sup>). És un terme que es refereix a la percepció de lluminositat en un espai, més centrat en una definició global que en una tasca visual determinada. Segons la Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), aquest terme té a veure amb la sensació visual de la magnitud de llum en un entorn, ja sigui un espai interior o un carrer il·luminat. Aquesta percepció integra la resposta de gran part del camp visual més enllà de la fòvea. La lluminositat espacial no està vinculada necessàriament amb la lluminositat de tots els elements de l'escena individualment però sí que li influeixen. En aquesta tesi s'ha optat per l'estudi de l'escena visual parant atenció als seus elements pel que fa a lluminositat i posició, per comparar-los amb els de l'escena exterior. La comparació té molt sentit quan es tracta d'escenes que es donen en un recorregut, com veurem al següent punt.

---

<sup>94</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light

<sup>95</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

<sup>96</sup> Meerwein G. Color: communication in architectural space

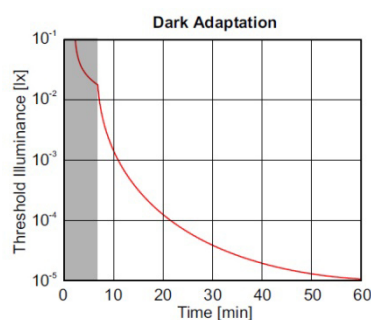
<sup>97</sup> Fotios S. Atli D. Comparing judgments of visual clarity and spatial brightness through an analysis of studies using the category rating procedure

### 8.1.2 Relació dels paràmetres amb el temps

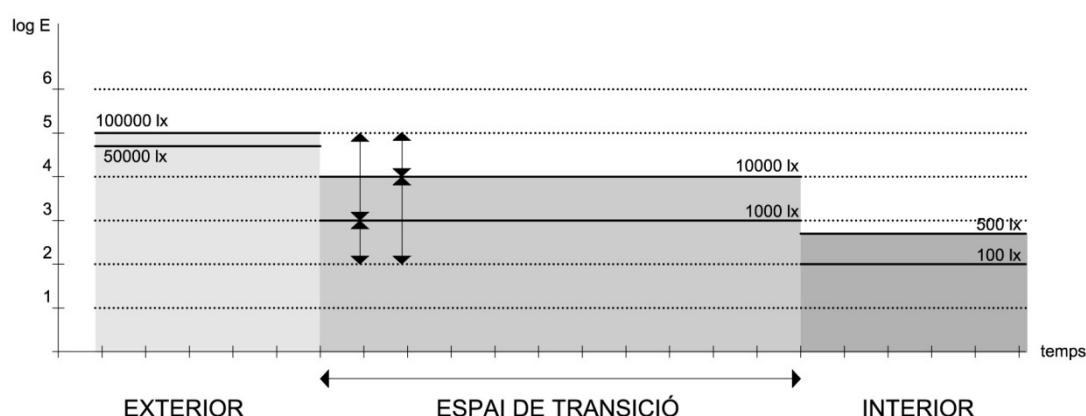
Un dels principals factors que intervenen en la percepció visual de les transicions és el temps. Aquest factor junt amb el desplaçament originen una successió d'escenes visuals amb característiques lumíniques molt diferents que fan que el sistema visual s'hagi d'anar adaptant constantment. Tot i que la llum natural és força variable, la durada de la transició a l'interior de l'edifici és prou curta per ser considerada estable lumínicament. En canvi, la il·luminació al llarg d'aquest recorregut no ho és, ja que es parteix d'un exterior molt lluminós i s'arriba a un interior considerablement més fosc. Dissenyar bé la transició tenint en compte l'adaptació a les situacions lumíniques que es donen pel camí són claus per resoldre aquesta situació amb èxit.

La primera consideració que cal fer respecte l'adaptació és que en el recorregut es troben **il·luminàncies** molt diferents. Si bé la capacitat del sistema visual a adaptar-se a diferents nivells de llum és molt gran, per fer-ho necessita temps, sobretot quan es passa d'una situació de més a menys energia com és el pas d'un exterior molt lluminós a un interior més fosc. És el que succeeix en els espais de transició situats en els països mediterranis, on es donen situacions extremes. Com hem vist en descriure la llum a l'entorn mediterrani, en dies amb cel clar s'arriba a il·luminàncies en el pla horitzontal de gairebé 100000 lx (90000-98000 lx), i en el pla vertical de més de 50000 lx (11000-53000 lx). Tenint en compte que els valors normals en espais interiors són molt menors (de 100-150 lx a 300 lx en espais d'entrada, i per sota de 500 lx a l'interior), el canvi de magnitud entre exterior i interior és considerable, de 100:1 ó 50:1, fet que posa a prova la capacitat d'adaptació de la vista. En els mesuraments de luminància i il·luminància realitzats a vestíbuls reals, els valors tant pel paviment com per les parets es trobaven al voltant de 500 lx i fins i tot superiors, depenent del cas. També hi va haver un cas on la il·luminància difícilment sobrepassava els 500 lx quedant molt per sota. Atenent a aquestes dades, l'entrada a un edifici en un dia molt assolellat és una de les situacions més crítiques pel que fa a l'adaptació visual, ja que la diferència de nivells que es dona en aquestes circumstàncies és molt gran.

El què succeeix amb les il·luminàncies a l'espai de transició s'explica a les figures 146 i 147. A partir de la gràfica de la figura 146 (*dark adaptation*) veiem que en uns 7 minuts s'ha produït l'adaptació dels cons entre magnituds que disten una unitat logarítmica, però també veiem que passats uns 10 minuts el salt és de gairebé 2 unitats. D'altra banda, a la figura 147 es representa la seqüència temporal d'entrada a un edifici posant-hi els valors màxims d'il·luminància mesurats a l'exterior i un rang de valors per l'interior de l'edifici. Si traspassem el salt de dues unitats logarítmiques que hem esmentat abans a aquesta gràfica, veiem que per facilitar l'adaptació existeixen dues estratègies: una seria disminuir entre una i dues unitats logarítmiques la il·luminància al llarg de la transició (de 100000 a 10000-1000 lx, per exemple), i l'altra augmentar el temps del recorregut. El temps pot incrementar-se allargant la longitud del recorregut o dilatant el temps que dura el trajecte introduint elements que disminueixin la velocitat del pas o distraccions que facin aturar qui hi transita. Una altra estratègia consistiria en crear una gradació de llum en el propi espai de transició. Al següent capítol veurem com es poden aplicar aquestes estratègies.



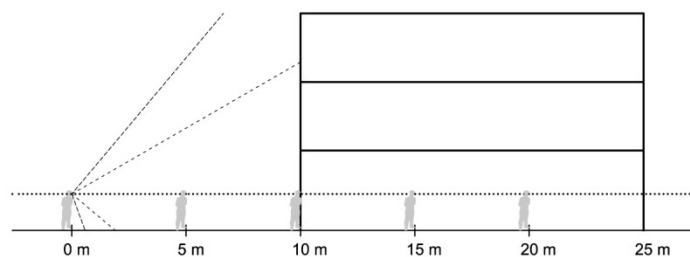
**Figura 146:** gràfica d'adaptació a la foscor amb el lapse de temps de 7 minuts aproximadament d'adaptació dels cons



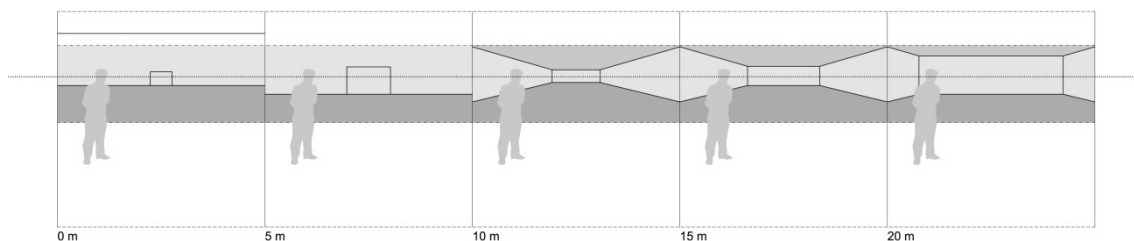
**Figura 147:** gràfica amb seqüència temporal en absccisses i logaritme de la il·luminància (log E) en ordenades; amb els valors màxims mesurats a l'exterior i els valors esperats a l'interior; entre ells, l'espai de transició

El que passa amb els nivells de **luminància** al llarg d'un recorregut es pot interpretar d'una manera similar al que passa amb els d'il·luminància. En aquest cas, però, no es tracta d'una successió de valors aïllats sinó de la successió d'escenes visuals formades per elements amb diferent lluminositat que varien de proporció (figures 148 i 149), i fins i tot apareixen o desapareixen del camp visual amb el desplaçament. Per això cal preveure com serà aproximadament la composició de cada escena visual, quins elements quedaran dins i fora, i els valors esperats de luminància, que seran interpretats com lluminositats que aniran variant depenent del context.

Igual que passava en l'estudi de l'escena visual estàtica de l'espai, l'estudi en secció i perspectiva de l'aproximació i entrada a un edifici genèric ens mostra que el paviment ocupa una bona part de l'escena visual, que les parets tenen una posició i proporció preeminentes, i que la part que queda més oculta als ulls de l'observador és la superior, ja sigui el cel o el sostre. Si bé la descripció de l'escena visual que s'ha donat s'aproxima força a la realitat, cal tenir en compte que l'observador, mentre es mou, va canviant el focus de la mirada i a més, manté la vista lleugerament inclinada cap a baix per veure millor el paviment i moure's amb seguretat. Aquesta inclinació fa que la part superior encara sigui menys visible i que el paviment sigui una superfície essencial en la percepció de l'espai en trànsit.

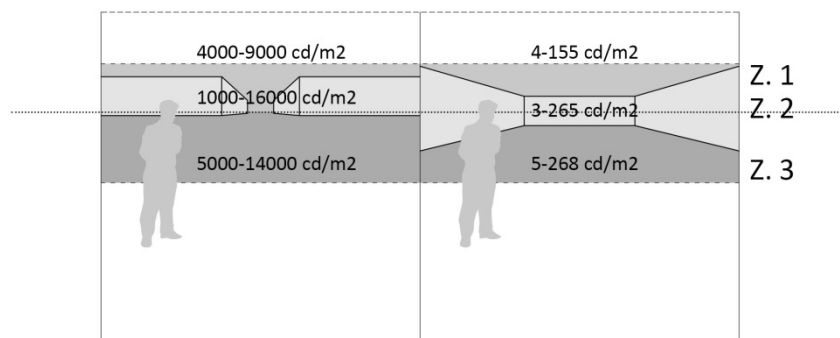


**Figura 148:** representació d'un espai en secció amb diferents distàncies de visió



**Figura 149:** seqüència de vistes d'un edifici des de l'exterior i l'interior a diferents distàncies. La franja central acolorida correspon a la zona de visió central

Com ja hem dit abans, les superfícies principals de l'escena interior són similars a les de l'exterior: terra, parets i sostre. L'escena visual urbana descrita al Capítol 2 també estava dividida en tres zones de geometria similar. El paral·lelisme entre la posició de les zones permet comparar què succeeix a la zona amb visió central de l'escena pel que fa a lluminositats. A la figura 150 es representen les tres zones en una escena exterior i una interior, amb els valors que s'han obtingut dels mesuraments realitzats en entorns reals.

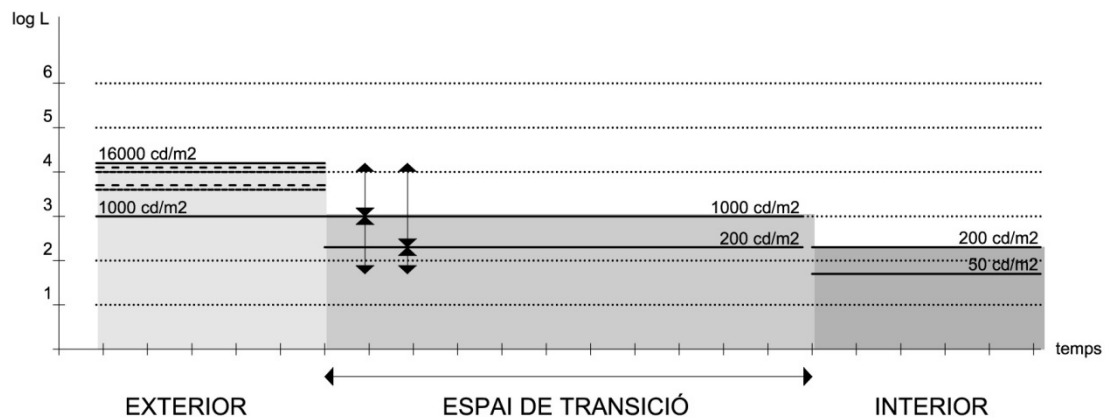


**Figura 150:** comparació de l'escena visual exterior i interior amb valors de luminància (al sol) mesurats a cada una de les Zones 1, 2 i 3 (en tons de gris, la zona amb visió central)

Si comparem els valors de la figura 150, veiem que els valors són força diferents. No obstant, coneixent els valors a l'ombra de paviments i façanes ( $<1000 \text{ cd/m}^2$ ) i comparant-los amb els de qualsevol superfície de l'interior ( $50-200 \text{ cd/m}^2$ ) veiem que la diferència és molt més petita. Si l'entrada es produeix en un entorn ombrívol o amb orientació nord on les façanes no estan exposades al sol, el salt no és prou gran per dificultar l'adaptació visual a l'interior. Si per contra, l'exterior és molt lluminós, amb façanes molt clares il·luminades directament pel sol i paviments clars que assoleixen luminàncies fins a  $16000 \text{ cd/m}^2$ , el salt que es produeix amb l'interior és de més de 2 unitats logarítmiques (figura 151). Aquest fet pot ser crític si a l'interior s'arriben a

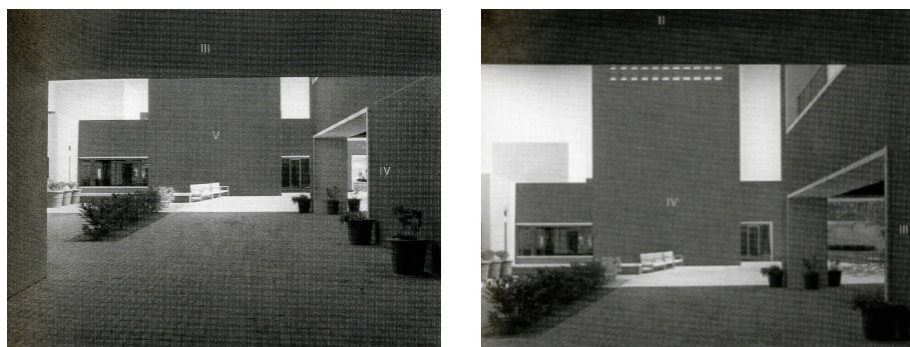


donar luminàncies per sota de  $10 \text{ cd/m}^2$ , com s'ha mesurat en alguns vestíbuls. Una solució adequada consistiria en proporcionar ombra a la zona d'entrada, amb valors al voltant o per sota de  $1000 \text{ cd/m}^2$  a la zona exterior, que anessin disminuint fins equiparar-se als valors interiors. Amb un espai d'accés bastant obert aquesta demanda es podria complir, però també mitjançant altres mecanismes que veurem al següent capítol.



**Figura 151:** gràfica amb seqüència temporal en absisses i logaritme de la luminància (log L) en ordenades, amb els valors mesurats a l'exterior i els valors esperats a l'interior; entre ells, l'espai de transició

També aquí, com en el cas de la visió d'un espai estàtic, cal tenir molt present l'efecte del contrast simultani. Un exemple del que succeeix en passar d'un espai a un altre el podem veure a la figura 152<sup>98</sup>. Les dues imatges representen l'aproximació a un pati exterior a través d'un porxo des de dos punts del recorregut. La imatge de l'esquerra està feta en entrar al porxo, i la de la dreta sortint del mateix. Si els mesuréssim, els valors de luminància de les superfícies serien iguals a les dues fotografies, en canvi, el contrast simultani canvia la jerarquia de valors de lluminositat. Com que la imatge de l'esquerra és més fosca en conjunt, la paret del fons té un valor de lluminositat dins l'escena més alt que a la següent fotografia, més clara en conjunt.



**Figura 152:** dues imatges del mateix espai fetes a diferents distàncies; la lluminositat canvia en funció del moviment (Solana, Westlake, Texas. Arquitectes: Maguire Thomas Partners)<sup>99</sup>

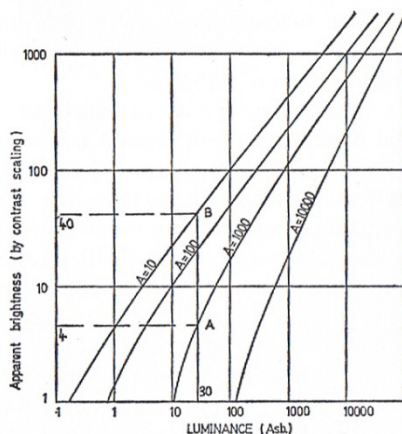
<sup>98</sup> Extret de: Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light

<sup>99</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light



**Figura 153:** recorregut d'entrada al Museu Fundació Pilar i Joan Miró a Palma (1992, R. Moneo)

Per posar un altre exemple, en una seqüència d'accés com la de la figura 153 veiem que aquesta jerarquia de luminàncies varia constantment. El cas d'aquesta figura i l'anterior exemplifica l'estat d'adaptació de la vista. Com s'ha dit anteriorment, aquest fenomen fa que es superfícies amb una luminància més alta que el valor estàndard de referència es percebin com a lluminoses, i les que tenen valors inferiors com a fosques. Per exemple, el sostre del porxo a la imatge dreta de la figura 152 es veu fosc perquè la vista està adaptada a un nivell més alt; en canvi, a la imatge de l'esquerra, la vista està adaptada a un nivell inferior i per això sostre i parets es veuen més clares. A la figura 153, la paret en ombra del museu és vista en contrallum a totes les imatges i es veu relativament fosca; però quan ens trobem sota el porxo d'entrada, el voladís de la porta crea un entorn més ombrívol que fa que es vegi més clara. Més a dins, el canvi cromàtic càlid i la reflexió de la llum sobre els materials clars crea un entorn moderadament il·luminat i poc contrastat, facilitant l'adaptació al vestíbul interior. L'efecte esmentat s'explica amb la gràfica del nivell d'adaptació i lluminositat aparent (figura 154), on es mostra que la percepció de lluminositat no és lineal sinó relativa.



**Figura 154:** gràfica del nivell d'adaptació i lluminositat aparent. En abscisses, la luminància ( $1 \text{ cd/m}^2 = 3.14 \text{ Asb}$ ) i en ordenades la lluminositat aparent. Com exemple es mostra com una luminància de 30 Asb ( $9.55 \text{ cd/m}^2$ ) en un entorn amb nivell d'adaptació de 10 Asb ( $3.18 \text{ cd/m}^2$ ) és percebut com a 40 i si l'entorn té un nivell d'adaptació de 1000 Asb ( $318 \text{ cd/m}^2$ ) és percebut com a 4<sup>100</sup>

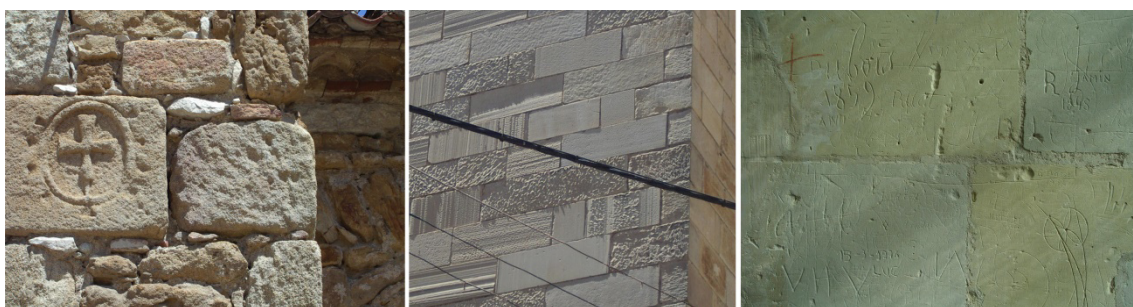
<sup>100</sup> R. G. Hopkins i J. D. Kay, *The Lighting of Buildings*, Praeger, New York, 1960, p. 46

Tot el dit fins ara significa que la vista no s'adapta de manera immediata en entrar a un espai interior des d'un exterior molt lluminós. El que alguns autors anomenen contrast de lluminositat inter espacial (*interspatial brightness-contrast*)<sup>101</sup> és l'aparença d'un espai contigu quan l'anterior està il·luminat de manera molt més alta o molt més baixa que aquest, com en el cas de transició exterior-interior. Tenint en compte tot el què s'ha dit fins ara, en el disseny d'un espai de transició s'ha de considerar que el salt entre interior i exterior és molt alt, i que els valors de l'escena visual en l'espai de transició han de proporcionar un pont amb nivells intermedis que facilitin el pas, els quals seran més propers als de l'interior que els de l'exterior, en el cas de les brillantors, i entre les dues situacions en el cas de les il·luminàncies. Seguint aquests punts, la circulació, orientació i visió correcta de l'espai interior serà més adequada.

### 8.1.3 Relació dels paràmetres amb la direccionalitat de l'estímul

A més de les relacions espacials i temporals dels paràmetres anteriorment analitzats, cal tenir en consideració la direccionalitat de l'estímul visual. La direccionalitat afecta de diferent manera els paràmetres de la il·luminància i la luminància. En el primer cas intervé en el modelat de les ombres. En el segon, en la possibilitat d'enlluernament per part d'una font lluminosa.

L'aspecte dels objectes dins l'espai, perquè siguin ben percebuts i poder distingir els seus detalls i la seva forma respecte el fons, està determinat per la combinació de direccions de la llum incident. Això depèn en gran part de la naturalesa de les superfícies de l'espai, que reflecteixen la llum en major o menor mesura. En virtut a aquest fet, una llum molt difusa no facilita la visió tridimensional dels objectes, mentre que una llum molt directa pot generar ombres massa dures. Respecte les superfícies, la llum directa pot ser rasant, destacant la textura dels materials, com els de la figura 155. En determinats contextos la llum rasant aporta qualitats plàstiques molt interessants a l'espai. Generalment, cal buscar una combinació que generi ombres suaus en una direcció que sigui percebuda com natural, que acostuma a ser lateral i de dalt a baix. La component de la llum es calcula a partir de la **il·luminància** mesurada en diferents direccions, que en determina el vector principal. Relacionant les diferents components d'il·luminància s'obté un valor anomenat **índex de modelat** que descriu el tipus de llum.



**Figura 155:** la llum rasant aporta textura als materials de construcció, fent visibles la seva naturalesa, el mètode de tall o el pas dels anys

<sup>101</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light

A la literatura científica l'índex de modelat es calcula de diferents maneres segons el què es vulgui mesurar. El mètode més comú i més senzill consisteix en una relació entre la il·luminació cilíndrica ( $E_c$ ) i l'horitzontal ( $E_h$ ). La il·luminació cilíndrica és una combinació d'il·luminàncies en el pla vertical mesurades en totes direccions, i la il·luminació horitzontal mesurada a una alçada determinada. Aquest índex es tradueix com la relació entre la llum provinent del sostre i la llum lateral. La relació més adequada es troba entre 0.3 i 3, ja que fora d'aquests marges la llum seria massa vertical amb ombres molt marcades de dalt a baix, o bé massa lateral, amb ombres molt marcades en un dels costats. Alguns autors consideren que un modelat correcte es produeix amb índex entre 0.3 i 0.5, ja que els inferiors representen ombres massa dures i els valors massa alts proporcionen il·luminacions molt difuses sense matisos de profunditat<sup>102</sup>.

$$\text{Índex de modelat} = E_c / E_h$$

També es pot utilitzar la relació entre el valor del vector il·luminància i la il·luminació escalar<sup>103</sup> que, a diferència de l'anterior, afegeix la component de llum procedent de baix. Aquest índex relaciona la direcció principal de la llum (vector il·luminància) amb la il·luminància mitjana a la superfície d'una petita esfera situada en un punt de l'interior de l'espai que es vol mesurar. En aquest cas, els valors límits es troben entre 0 i 4, corresponents a una llum absolutament difusa (sense ombres) i una llum totalment direccional (només una component d'ombra).

$$\text{Índex de modelat} = E / E_{sc}$$

Per últim, una altra definició més senzilla relaciona les il·luminàncies  $E_v$  i  $E_h$ . Per ser òptim, el resultat hauria de ser proper a 0.25 corresponent a una llum sobre el pla horitzontal 4 cops més intensa que la lateral.

Amb tot el què s'ha dit sobre el modelat, en els espais de transició caldria que es donés un valor intermedi, sense sobrepassar extrems que podrien oferir resultats molt teatrals o poc realistes. De fet, en els espais d'accés és important el correcte modelat d'ombres pel que fa a la visió de persones i cares, així com la visió natural dels espais i els seus elements. Per això, altres estudis sobre la llum en l'entrada als edificis ja han tingut en compte el paràmetre de l'índex de modelat (*modelling factor, MF*)<sup>104</sup> per la correcta detecció de senyals i identificació de l'espai, i han observant que, en climes amb radiació molt directa com el cas del mediterrani, s'ha d'anar amb compte perquè es poden donar índex de modelat molt alts a l'interior de l'espai que caldria corregir.

Si ens fixem en la **luminància**, veiem que la lluminositat molt directa procedent de determinades superfícies pot provocar **enlluernament**. Aquest efecte el causen les fonts de llum i algunes superfícies petites que poden arribar a causar molèstia. És el cas de les luminàries i en alguns casos de les finestres (figura 156). El seu càlcul i els seus efectes són un important camp d'estudi i inclouen paràmetres com la intensitat de la font, la posició dins el camp visual i la

<sup>102</sup> Rombauts, P. Visual comfort in underground working environments. 9th LUX-Europa Lighting Conference, Reikjavick-IJsland, (2001) 388-393

<sup>103</sup> Philips. Manual de luminotecnica

<sup>104</sup> Cecilia Marta Lasagno, Andrea Elvira Pattini, Roberto Germán Rodríguez, Elisa Margarita Colombo. Developing a modelling factor index for transition spaces: a case study approach. Architectural Science Review 54 (2011) 215-224

relació amb la resta de luminàncies d'una escena. L'estudi de l'enlluernament és molt ampli i queda fora de l'abast d'aquesta tesi perquè no forma part de la situació habitual en un espai de transició. No obstant, apuntarem que és necessari utilitzar luminàries adients i estudiar el repartiment de luminàncies dins el camp visual per evitar aquest efecte en accedir a un espai.



**Figura 156:** obertures a l'exterior com a possibles fonts d'enlluernament, fora del camp visual (Pantheon, Roma) i en el pla vertical

*Hem vist els principals paràmetres de la qualitat visual d'un espai posats en context. Espai, temps i direccionalitat són els conceptes clau per entendre com veiem un espai; a continuació veiem la resta.*

## 8.2 Esquema de color

Els paràmetres que hem vist fins ara responen a la quantitat i distribució de la llum en un espai i un recorregut, així com la seva direccionalitat. La qualitat visual depèn de la seva definició, però també intervenen altres aspectes. Un d'ells és l'esquema de color. En aquesta tesi, el terme esquema de color s'utilitza per respondre a dues preguntes:

- Quines qualitats aporta el color de la llum a l'espai?
- Quines qualitats aporta el color de les superfícies a l'espai?

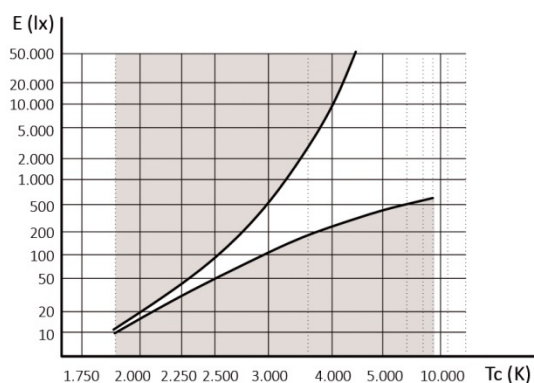
### 8.2.1 Color de la llum

Anteriorment hem vist que les fonts poden emetre diferents tipus de llum en funció de la seva naturalesa. Aquesta llum està definida per la temperatura de color ( $T_c$ ), totalment relacionada amb el nivell o il·luminància; de la seva combinació depenen algunes de les sensacions que perceben els observadors. La relació entre aquests dos paràmetres, temperatura de color i il·luminància, va ser estudiada els anys 40 del segle passat pel físic holandès Arie Andries Kruithof mitjançant un treball experimental<sup>105</sup> on va arribar a determinar les combinacions d'aquests dos paràmetres que resultaven més naturals a l'ull humà. Amb aquest experiment totalment empíric va poder traçar unes corbes sobre una gràfica amb els valors de temperatura de color en absisses i il·luminància en ordenades, que delimiten dues zones en funció de si la llum té una aparença natural o no (Figura 157). Malgrat la seva manca de precisió, aquesta

<sup>105</sup> Kruithof, A.A. Philips Techn. Rev. 1941, 6, 65-96.

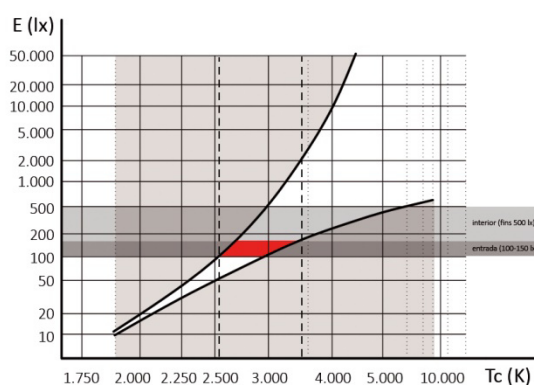


gràfica mostra a grans trets que les fonts de llum menys intenses són percebudes de manera més natural i agradable si tenen temperatures de color baixes i al contrari, les llums amb molta intensitat tenen un aspecte més natural amb temperatures de color altes. En definitiva, es podria dir que aquesta gràfica reflecteix l'adaptació evolutiva de l'home a la llum freda i intensa a l'exterior i a la llum càlida i tènue de les fonts tèrmiques.



**Figura 157:** corbes de Kruithof relacionant la il·luminància amb la temperatura de color; en gris, les zones on l'aspecte de la llum no té un aspecte natural

En els espais de transició els nivells d'il·luminació esperats són semblants als d'un espai interior. Aquests valors es troben normalment entre 100 i 150 lx, com hem vist, i perquè la llum amb aquest nivell ofereixi un aspecte agradable, hauria de tenir una temperatura de color entre uns 2500 i 3500 K (figura 158). Si considerem la presència de nivells superiors, al voltant dels 500 lx, la temperatura de color podria ascendir fins a uns 5000 K. Aquests valors corresponen a llums càlides o neutres, en cap cas a una llum freda. Si la font és artificial hauríem de parlar d'incandescència o bé làmpades de descàrrega amb temperatura neutra. Si la llum és natural, cal tenir en compte que la llum de nord és més freda que la de la resta d'orientacions. No obstant, a les obertures a est, sud i oest cal evitar l'excés de radiació. En relació a aquest tema, entrarem més a fons en tractar aspectes de disseny de l'espai, en el proper capítol.



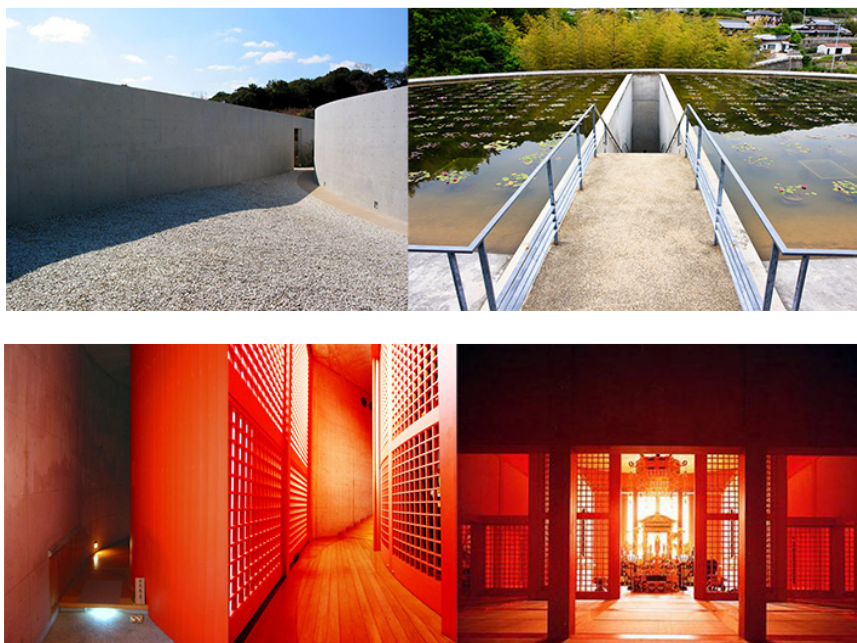
**Figura 158:** corbes de Kruithof amb els valors superposats recomanats d'il·luminància per vestíbuls (100-150 lx) i d'espais interiors (fins 500 lx)

Un altre aspecte a considerar és la relació entre el color de l'espai i el color de la llum. Sobre aquest tema, tot i que les sensacions són subjectives, es poden fer algunes consideracions generals. Les superfícies càlides tenen millor aspecte quan són vistes sota una llum càlida, en

general. Sota la llum càlida, en canvi, les superfícies de colors freds solen tenir un aspecte poc natural. Una llum “neutra” ofereix prestacions més generals per tot tipus de colors. Respecte l'espectre d'emissió, les fonts tèrmiques com el sol o fonts incandescenten tenen un espectre continu que conté totes les longituds d'ona i reproduïx més fidelment tot tipus de colors, mentre que les fonts de descàrrega tenen un espectre d'emissió discontinu on hi ha longituds d'ona que no estan presents, fet que pot distorsionar l'aspecte d'algun color. No obstant, la relació dels colors d'un espai entre si té més impacte en la percepció que la fidelitat de reproducció del color.

### 8.2.2 Color de l'espai

Un espai està format per superfícies de colors i propietats òptiques molt diferents que es reparteixen dins l'escena visual. El color de les superfícies és la combinació de les seves propietats de reflexió espectral i la composició espectral de la llum. És un aspecte molt característic que té repercussions en la percepció de l'espai. El caràcter que transmet el color es pot analitzar des de dues vessants: els efectes **psicològics** en les persones i els efectes en la percepció de l'**espai**.



**Figura 159:** temple de l'aigua a l'illa d'Awaji (1991, T. Ando)

En tractar sobre el color al primer capítol, ens hem referit a la seva definició física i a aspectes fisiològics relacionats amb la seva visió, però no hem parlat dels seus efectes psicològics. Més enllà d'associacions entre color i sensació comunament acceptades, com el verd a la relaxació o el vermell a l'excitació o nerviosisme, el color té una profunda capacitat d'intervenir en l'estat d'ànim de les persones. El pas a l'interior d'un edifici pot treure partit d'aquests efectes, com succeeix en el temple de l'aigua a l'illa d'Awaji de Tadao Ando on la transició física es converteix



en transició espiritual o psicològica a través de l'ús del color<sup>106</sup> (figura 159). En aquesta obra, el recorregut parteix d'un entorn envoltat de natura emmarcat per murs blancs que precedeixen l'entrada al temple. Tot seguit el visitant es submergeix en la foscor de l'escala, que condueix a un espai perimetral de tons vermells, i esclata en la seva esplendor en la sala color vermell intens del temple, ja que en aquesta cultura el color vermell representa la benedicció de les ensenyances de Buda. El verd de l'entorn precedent produeix una postimatge retiniana que fa que el vermell de l'interior es vegi encara amb més intensitat. En aquest projecte, el viatge ritual vers l'interior és místic i constitueix el pas necessari per renovar l'ànima en el temple, seguint la tradició budista.

Els efectes psicològics associats al color han estat àmpliament estudiats, de manera que es poden treure algunes pautes generals dels seus efectes en el comportament de les persones. Per exemple, s'ha comprovat que l'exposició a llum vermella resulta estimulante si no és molt prolongada, ja que si perdura, es pot produir l'efecte contrari. El blau, per contrari, produeix un efecte relaxant, també en períodes curts de temps. El tercer color bàsic, el groc, transmet sensacions de felicitat i vitalitat. Dels secundaris, el verd té connotacions refrescants, rejuvenidores i relaxants, entre altres motius perquè permet descansar la retina. En canvi, els efectes del morat depenen de la proporció de vermell i blau. El taronja, en estar format per vermell i groc està associat a personalitats energètiques, socials i extravertides<sup>107</sup>. Quan les persones transiten per un espai, l'efecte del color els pot fer augmentar la velocitat, circular de manera més pausada, o generar certa inquietud, entre altres (figura 160). En tot cas, aquest és un instrument més a considerar en el moment de dissenyar. D'aquests efectes n'ha tret molt partit la indústria publicitària, però també edificis amb determinats usos s'associen normalment a un color (per exemple, el blau o verd als hospitals).



**Figura 160:** a dalt, tres vistes del metro de Múnic; a baix, estacions del metro de Nàpols, Tòquio i Estocolm. En tots els casos l'ús del color és un element fonamental del disseny

<sup>106</sup> Smith D. Color-Person-Environment Relationships. COLOR research and application, volume 33, Number 4, August 2008

<sup>107</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light

També es consideren molt importants els efectes del color en la percepció de l'espai. Hi ha una primera resposta perceptiva a determinats colors i esquemes de color que es basen en l'elecció de les tonalitats i les seves característiques. De manera global, l'IESNA<sup>108</sup> en fa unes consideracions genèriques que es mostren a continuació:

- Determinació del valor: elecció sobre la claredat o foscó dels colors. Diversos estudis semblen indicar que la distància aparent dels colors clars sembla menor mentre que la dels foscos tendeix a semblar més gran.
- Determinació de la tonalitat: en general, es considera que els colors càlids donen sensació de proximitat i els freds, en canvi, semblen retrocedir.
- Determinació del chroma: els colors vius semblen més adequats per espais amb ocupació de curta durada i poc nivell d'atenció. Creen una atmosfera vivaç que els fa adequats per publicitat, accents i altres usos relacionats amb el comerç. Els tons apagats són més adients per espais d'estança més llarga, transmeten dignitat i seriositat. La seva neutralitat els fa més adequats pel predomini en interiors en general.
- Determinació del contrast: els esquemes de color amb poc o cap contrast són adequats per llocs d'estança perllongada, petits i amb una atmosfera dignificada. El contrast més alt està reservat per espais on no s'hagi d'estar durant molt de temps, espais grans on es busqui una atmosfera estimulante.

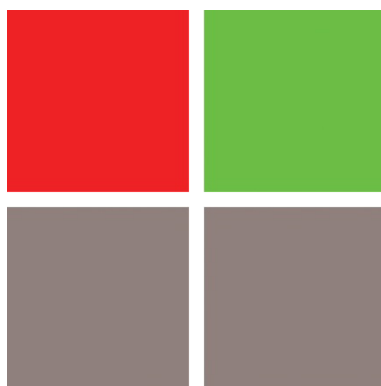
Aquestes recomanacions aplicades als espais d'accés indiquen que existeix una certa llibertat en l'elecció del color, ja que no són utilitzats de manera prolongada i una atmosfera vivaç i estimulante és percebuda com a positiva. No obstant, depenent de l'ús de l'edifici, pot convenir transmetre un aire de serenitat i seriositat, associat a altres esquemes de color. En aquesta línia l'ús de l'edifici i els gustos del públic potencial són el factor clau. En un treball realitzat amb alumnes sobre color i percepció (descriu a l'Annex III), en paral·lel a l'estudi principal, se'ls va preguntar de manera informal quins colors els semblaven més adequats pel vestíbul d'un cinema, d'un edifici d'habitatges i un hospital. En el cas del cinema, els colors més escollits van ser el vermell i el groc, seguits de negre, marró fosc i gris fosc. En el cas dels habitatges, la majoria va optar per tonalitats beige i a continuació pel blanc. També apareixen el groc i el gris en destacada posició. Pel que fa a l'hospital, el color més escollit va ser el blanc, seguit de blau clar, gris i verd. Si bé no es poden treure conclusions definitives d'aquests resultats, es mostra que l'ús de colors més intensos està associat a una activitat d'oci (el cinema), mentre que els habitatges i l'hospital, activitats més "serioses", també porten associades tonalitats més discretes.

Un altre aspecte relacionat amb el color i la percepció de l'espai és la relació entre la lluminositat percebuda i el color de l'espai. La lluminositat es reparteix en una escena visual a través de les seves superfícies de diferents colors. De fet, un dels atributs del color és la seva brillantor (*brightness*), i per tant les superfícies de color són percebudes amb diferents valors de lluminositat. Si bé quan manca tonalitat l'apreciació de brillantors és fàcil, quan introduïm les tonalitats, la correlació amb lluminositats es torna més difícil. Què és més lluminós, una superfície verda o una vermella? La resposta depèn, en primer lloc, dels atributs del color: valor, saturació i brillantor. Si la reflectància i textura de la paret fossin les mateixes, estaríem parlant

---

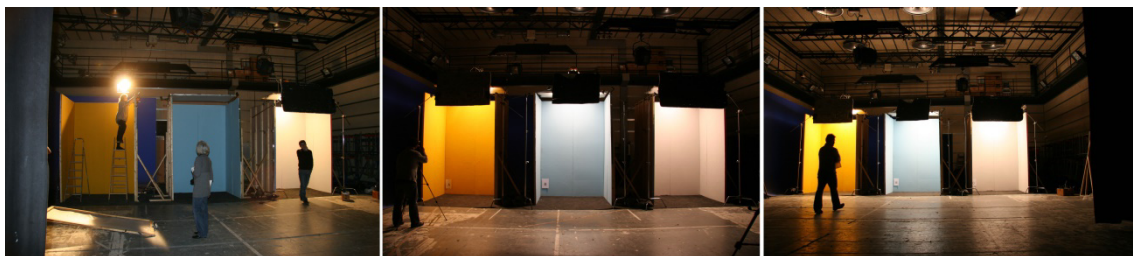
<sup>108</sup> Rea, M.S. The IESNA lighting handbook: reference & application. 9<sup>th</sup> edition

de lluminositats molt semblants (figura 161). El color i la lluminositat són dos aspectes fonamentals en la percepció visual de l'espai i la llum en arquitectura.



**Figura 161:** mitjançant Photoshop, els colors vermell i verd s'han copiat a baix i s'han desaturat. El gris obtingut és el mateix, per tant la seva reflectància teòricament és la mateixa

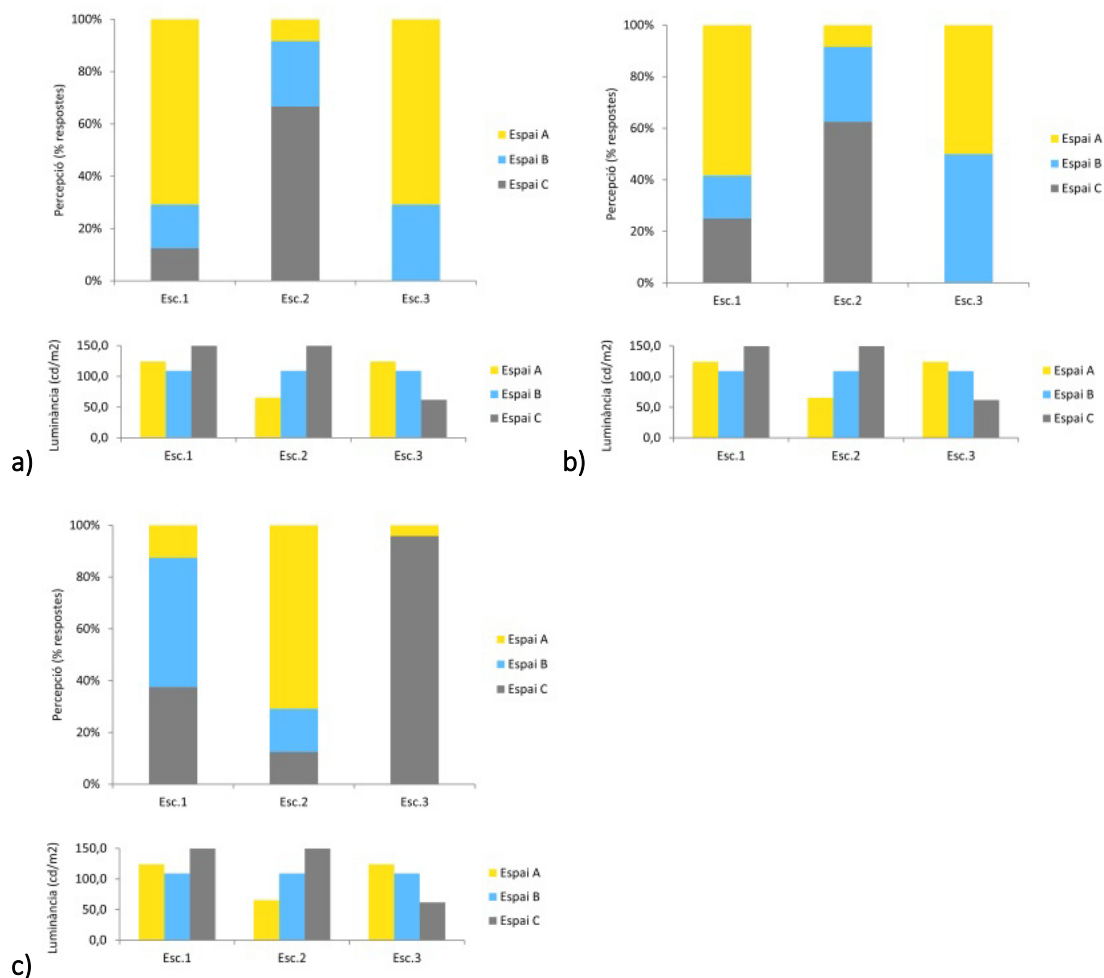
Existeixen molts estudis sobre color i percepció de lluminositat (*brightness*) referits a mostres bidimensionals on es compara una petita platja de color amb una altra. A una escala arquitectònica, en canvi, no n'hi ha tants, tot i que la percepció tridimensional és molt important perquè engloba tota l'escena visual subjecta a diferents il·luminacions i superfícies amb diferent reflexió vistes des de diferents angles. És important recordar que els observadors es mouen per l'espai. Per tot això, es considera que la tonalitat juntament amb el factor tridimensional pot intervenir en la valoració de la lluminositat d'un espai de color. Per comprovar-ho, es va dur a terme un estudi en entorns tridimensionals a escala real, que es descriu a l'Annex III.



**Figura 162:** espais destinats a l'avaluació de lluminositat, pintats de color groc, blau i gris

En la definició del treball es va partir de la base que la visió del color no és la mateixa per totes les longituds d'ona. Si ens fixem en les corbes de sensibilitat de l'ull humà en visió fotogràfica  $V(\lambda)$  i escotòpica  $V'(\lambda)$  (figura 13, punt 1.3), ens adonem que la resposta perceptiva més alta es produeix en longituds d'ona properes a una tonalitat groc-verd. D'altra banda, la luminància d'una superfície es defineix per la seva reflectància, és a dir, a un índex adimensional que no té a veure amb la tonalitat. Per tant, dos colors amb el mateix índex de reflexió i exposats a la mateixa llum, tenen la mateixa luminància. En canvi, la lluminositat percebuda és diferent degut, en gran part, a la sensibilitat selectiva de l'ull humà. Per constatar la correlació o no entre els valors físics i percebuts, es va realitzar una comparativa entre les luminàncies mesurades en uns petits espais de color construïts expressament i les opinions d'un grup d'observadors respecte la seva lluminositat. Els espais es van pintar d'un color groc molt saturat (semblant a l'*albero*), de blau cel i de gris clar (figura 162), i es van il·luminar amb tres escenes

lumíniques diferents per comparar situacions de llum no idèntiques. Els valors mesurats indicaven que els observadors es trobaven en visió fotòpica. A cada escena, els observadors havien d'opinar quin espai els semblava més i menys lluminós, a primera vista i després d'un parell de minuts, i a més van haver de valorar quantitativament de manera aproximada la diferència de lluminositat.



**Figura 163:** a) percentatge de respostes a la pregunta: *en quin espai creus que hi ha més llum?*, en una primera impressió i a sota, les mesures de luminància; b) percentatge de respostes a la pregunta: *en quin espai creus que hi ha més llum?*, després de dos minuts i a sota, les mesures de luminància; c) percentatge de respostes a la pregunta: *en quin espai creus que hi ha menys llum?*, després de dos minuts i a sota, les mesures de luminància

En el llibre “*The Psychology of Perception*” de M.D. Vernon<sup>109</sup>, es fa un esment sobre el groc i el blau en l’apartat de percepció del color: [...] *In daylight vision, yellow appears the brightest of the colours; in dark adapted vision, blue. If the intensity of the light falling on the eye is gradually decreased, yellows become relatively dimmer and blues relatively brighter [...]*. De fet, els resultats van mostrar una tendència a valorar el color groc com a més lluminós del què era en realitat. A la primera escena (figura 163a) els tres espais mostraven luminàncies similars i en canvi els observadors van opinar majoritàriament que l’espai groc era el més lluminós. Després de dos minuts, les opinions en aquest sentit van disminuir lleugerament. L’altra escena a

<sup>109</sup> Vernon M.D. The Psychology of Perception

destacar és la última (figura 163c), on l'espai groc tenia més llum i així ho van percebre quasi tots els observadors, sobre tot en un primer moment. L'espai gris aquí era el més fosc i gairebé tots els observadors així ho van valorar. Dels resultats d'aquestes dues escenes més la segona (figura 163b), s'extreu que aquesta tonalitat de groc va fer que l'espai pintat d'aquest color es veiés més lluminós que els altres espais sota la mateixa llum. Una altra conseqüència és que l'espai gris clar (quasi blanc) va ser percebut de manera molt apagada en quant a lluminositat, més del que aparentment semblava que hagués de ser.

Aquests resultats fan pensar que l'ús de tonalitats més properes a la zona de major sensibilitat de l'ull fa que els espais semblin més lluminosos. Simplement amb l'ús del color es pot augmentar la lluminositat de superfícies en espais de transició que, d'altra banda, pot ser que no rebin tanta llum com altres. A més, com s'ha comprovat, els efectes d'aquesta tonalitat són relativament efímers, per tant l'aplicació a un espai d'accés és possible, degut a la temporalitat del seu ús.

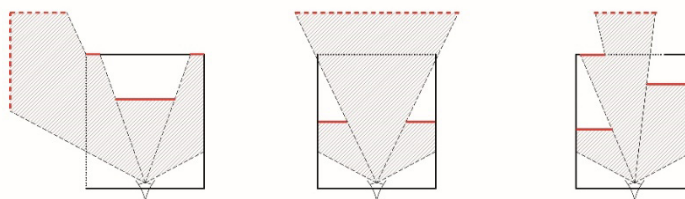
*De tot el què s'ha dit, s'extreu que els aspectes que afegeix el color en un espai de transició, gràcies a la llibertat de disseny que els caracteritza, poden ajudar a realçar zones de l'espai que es veuran més lluminoses i a més poden transformar-lo a través de les sensacions associades al color.*

### 8.3 Relació visual amb l'exterior

Els espais de transició, pel fet de fluir entre interior i exterior, poden tenir una connexió visual molt forta entre les dues situacions. Aquesta visió és útil pels seus usuaris perquè aporta informació sobre la continuació del recorregut. Pot ser feta de manera subtil, ocultant determinades parts, o creant visuals d'una manera intencionada, com hem vist en l'apartat sobre els aspectes de disseny. Tot i això, cal saber que el tipus de connexió o relació visual amb l'exterior té uns efectes, que responen a les següents preguntes:

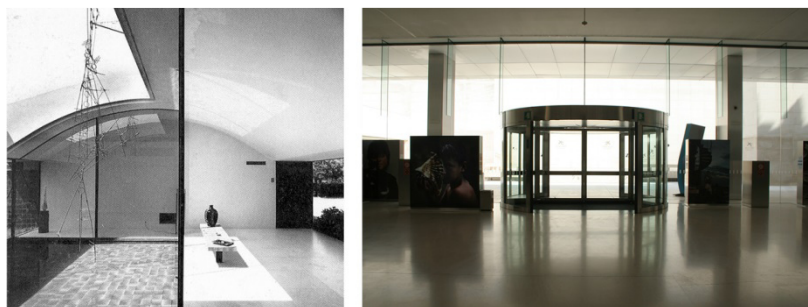
- Quin és l'abast de la visió de l'exterior i quins efectes té en la qualitat de l'espai?
- La visió de l'exterior facilita la percepció temporal des de l'interior?

La primera consideració respecte la visió de l'exterior és la distància coberta per la visual. En arquitectura existeixen elements en primer pla, en un pla mig i en un pla llunyà (figura 164). Els dos primers són els propis de l'arquitectura en si mateixa, i el tercer està lligat a la visió de l'exterior, que acostuma a proporcionar vistes més llargues.



**Figura 164:** diferent esquemes d'espais amb obertures a l'exterior i visuals en primer pla, pla mitjà i pla llunyà

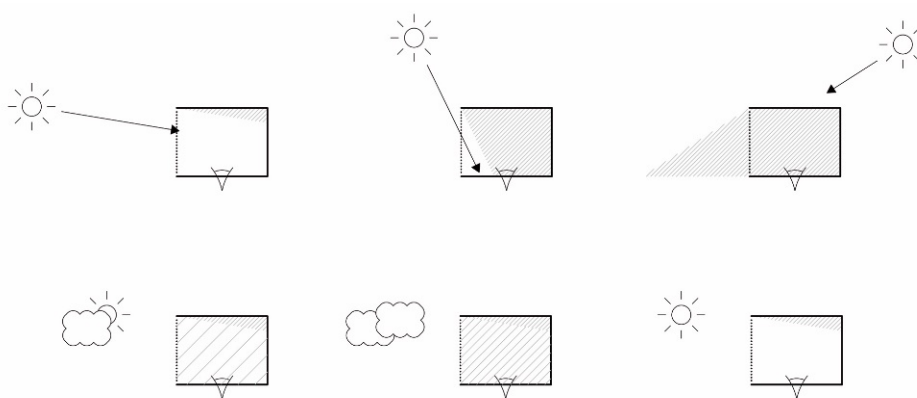
Pel que fa a les visuals llargues, les que proporcionen la visió de l'exterior, tenen una conseqüència i dues funcions visuals bàsiques. La conseqüència és la potencialitat de generar **enlluernament** si l'exterior és molt clar. En parlar de la direccionalitat de la luminància al punt 8.1.3, s'ha esmentat l'existència d'obertures a l'exterior com a possibles fonts d'enlluernament quan l'escena exterior és molt clara en relació a l'interior (figures 156 i 165). Per evitar-ho, cal estudiar l'entorn i emprar determinades estratègies que veurem al següent capítol.



**Figura 165:** dos exemples de vestíbuls amb visió a exteriors molt lluminosos; casa La Ricarda (1963, A. Bonet Castellana) i Caixaforum Barcelona (2002, A. Isozaki)

Apart de la conseqüència esmentada, la visió de l'exterior compleix dues funcions de diferent caire, una es refereix al confort visual i l'altra a la càrrega informativa. Els diferents plans de l'arquitectura i la visió de l'exterior fan que l'ull s'hagi d'**acomodar a diferents distàncies**, exercitant els músculs oculars. Aquest canvi de pla és positiu visualment ja que les distàncies llargues permeten que la vista es relaxi en contraposició a les distàncies curtes, que li suposen més esforç. No obstant, en un espai d'ús relativament breu, l'acomodació a la distància no és un aspecte fonamental.

Però a banda de proporcionar relaxament a la vista, l'exterior conté una alta càrrega informativa. La visió de l'exterior proporciona **percepció temporal**, o el que és el mateix, un coneixement visual de l'exterior pel que fa a hora del dia, posició del sol, situació atmosfèrica, etc. El dinamisme de les condicions exteriors és percebut en temps real, i permet a les persones que han de sortir de l'edifici estar en coneixement i preparar-se psicològicament pel què trobaran a fora (figura 166).



**Figura 166:** esquemes de percepció temporal associades a la visió de l'exterior



Un altre tipus d'informació està relacionat amb els elements que hi ha a l'exterior. No sempre és possible intervenir en l'entorn immediat, sobre tot en situacions urbanes on el límit del construït coincideix amb el límit de la propietat, però quan es pot intervenir en l'espai exterior més proper es creen solucions de gran qualitat visual. Aleshores el disseny de l'edifici traspasa els murs interiors i s'estén més enllà, com veurem al següent capítol.

*La visió exterior en un espai d'accés aporta qualitats associades, bàsicament, a la informació rebuda. El coneixement de les condicions exteriors, relacionat amb la percepció temporal, és una de les més importants en aquest tipus d'espais.*

## 8.4 Atmosfera creada

Hopkinson i Kay afirmaven, ja fa uns quants anys, que el fet que les nostres reaccions subjectives a l'entorn no estiguin només sotmeses a les mesures que dona un aparell té implicacions en el disseny<sup>110</sup>. Existeixen components intangibles que estan associades als sentits, com l'experiència tàctil associada a determinades textures, la sensació que aporten els colors, la visió d'elements naturals que aporten frescor, el soroll i l'olor de components de l'espai, i altres exemples. La llum és un dels elements de disseny capaç d'aportar una atmosfera a un espai, emocionant, inquietant, sobtant l'espectador amb diferents mecanismes. Per definir el tipus d'atmosfera és més fàcil recórrer a les paraules que a dades científiques, ja que és difícil parametritzar la bellesa o la emoció d'un espai. Els paràmetres definits fins ara poden ajudar, però no resulten l'eina més adequada per descriure una sensació que, d'altra banda, és personal i depèn de cada individu.

En primer lloc, de la mateixa manera que hem fet en descriure la resta de definidors de la qualitat ambiental, aquí ens fem unes preguntes:

- Com definiríem l'ambient que es genera amb la llum?
- Quines qualitats té aquest espai?



**Figura 167:** maquetes amb un recorregut on es crea un ritme i un punt d'èmfasi mitjançant la llum

En primer lloc, l'estètica de l'espai, o l'atmosfera creada, es pot definir a través de la relació existent entre els seus elements, que pot ser d'harmonia o de contrast<sup>111</sup>. Aquests termes han estat tractats prèviament en parlar de llum i color, aplicats a l'aspecte de l'escena visual. A més,

<sup>110</sup> Hopkinson, R.G., Kay, J.D. The lighting of buildings

<sup>111</sup> Serra R., Coch H. Arquitectura y energía natural



en el disseny d'una determinada atmosfera es pot recórrer a instruments compositius per crear diferents efectes, com el contrast, el ritme i l'èmfasi (figura 167), que aporten diferents significats a l'espai.

A banda del contrast, ritme i èmfasi, també existeix una component afectiva de la percepció, una resposta emocional a un determinat ambient. El judici que n'emeten els usuaris tendeix a ser qualitatiu i no quantitatiu, ja que és més habitual qualificar un espai com íntim, per exemple, enlloc de dir que té una il·luminància i luminància molt baixes. La definició de l'ambient normalment es verbalitza mitjançant termes oposats com els que proposa Lam<sup>112</sup>:

- Distracció / focus positiu (*Distraction / positive focus*)
- Enlluernament / centelleig o lluentor (*Glare / sparkle or glitter*)
- Tenebrós / alegre (*Gloomy / cheerful*)
- Apagat / efectista, interessant (*Dull / dramatic or interesting*)
- Caòtic / ordenat (*Chaotic / ordered*)
- Públic / íntim (*Public / intimate*)
- Molest / plaent (*Unpleasant / pleasant*)
- Desagradable / agradable (*Unfriendly / friendly*)
- Inapropiat / apropiat (*Inappropriate / appropriate*)
- ...

En la mateixa línia del que s'ha dit més amunt, estudis realitzats en entorns comercials<sup>113</sup> han mostrat que determinats aspectes relacionats amb la il·luminació com lluminositat, contrast i enlluernament influeixen en la percepció de l'ambient en 4 aspectes, referents a la sensació d'acolliment (*cosiness*), vivacitat (*liveliness*), generació de tensió (*tenseness*) o indiferència (*detachment*). Un cop fet l'estudi, van adonar-se que es podien haver afegit altres com la sensació d'amplitud de l'espai (*spaciousness*) i claredat perceptiva (*perceptual clarity*). Les conclusions en espais comercials van ser que hi ha una gran correlació entre els atributs de la llum i les qualitats interiors amb l'atmosfera percebuda. De fet, cada atribut de la llum intervé en diferent mesura en cada un dels aspectes esmentats, la visió de l'espai comercial i l'ambient generat. Aquest exemple és fàcilment extrapolable als espais de transició, per varis motius: la temporalitat del seu ús i la seva funció de representació d'una imatge determinada.

Les descripcions de l'ambient tenen molt a veure amb la subjectivitat de l'individu, tot i que en general, són bastant objectivables. Segurament és fàcil qualificar interiors quan les seves qualitats es troben en un extrem, però ho és menys en situacions intermèdies. A continuació veurem quins són els factors subjectius que intervenen en la percepció dels estímuls.

*La valoració més subjectiva de la qualitat visual d'un espai és l'atmosfera creada. El camp d'estudi és molt ampli i hi intervenen molts factors. No obstant, existeix una clara relació entre la llum i determinats tipus d'atmosfera.*

---

<sup>112</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

<sup>113</sup> Custers PJM, de Kort YAW, IJsselsteijn WA, de Kruiff ME. Lighting in retail environments: Atmosphere perception in the real world. Lighting Research and Technology 42, 2010, 331-343

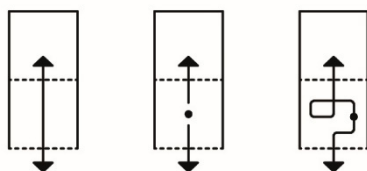
## 8.5 Factors de confort de l'usuari

Hem deixat pel final els aspectes que depenen de l'individu, els que s'anomenen factors de confort de l'usuari<sup>114</sup>. Tots els definidors ambientals que hem vist fins ara han estat descrits d'una manera física i s'han valorat d'una manera objectiva. Però aquesta pretesa objectivitat es pot veure alterada per motius culturals, socials, etc.; per això és molt important saber qui farà ús de l'espai i quins són els seus condicionants personals. Bàsicament, cal preguntar-se:

- Qui són els potencials usuaris de l'espai i quines són les seves expectatives visuals?

En el capítol referent a la llum a l'interior dels edificis mediterranis hem vist que un dels factors que podia alterar les condicions de disseny de la il·luminació d'un interior era el seu ús i els seus usuaris. Pel que fa als usuaris, es feia incís en l'edat i la familiaritat amb l'espai. En aquest apartat es tracten els factors que intervenen en el confort de l'usuari d'una manera més global, des del punt de vista fisiotemporal, social, fisiològic i psicològic.

Els factors **fisiotemporals** fan referència a l'aclimatació a un entorn en períodes curts o llargs. En particular, hi ha una gran relació amb l'adaptació visual que hem vist en tractar els paràmetres en relació amb el temps. Com hem vist, en els espais d'accés l'aclimatació és important perquè pràcticament no existeix, el temps d'estada és generalment curt. Tot i això, hi pot haver espais on l'accés no sigui directe sinó que es faci més llarg mitjançant diferents estratègies (figura 168). Depenent de la capacitat d'aclimatació dels usuaris, l'adaptació es produirà de manera més o menys ràpida.



**Figura 168:** temps d'estada en un espai de transició: només pas, aturada i recorregut per l'espai

Altres factors són **socials**, i afecten principalment el tipus d'activitat que es durà a terme a l'espai. Al capítol sobre la llum a l'interior dels edificis mediterranis també s'han descrit alguns dels usos que poden tenir. Naturalment, no serà el mateix un vestíbul d'un edifici d'habitatges amb usuaris habituals, que el d'un hotel on els usuaris no coneixen l'espai i sovint arriben desconcertats. Els requeriments visuals són lleugerament diferents en els dos casos i permeten afavorir uns aspectes de disseny sobre altres.

Els factors **fisiològics** tenen a veure amb l'anatomia i fisiologia de l'usuari. Principalment amb l'edat i possibles limitacions físiques. El disseny arquitectònic ha de tenir presents aquestes limitacions i requeriments de les diferents edats per crear resultats satisfactoris. Així es fa, per exemple, en edificis destinats a residència de persones de la tercera edat, on un alt nivell d'il·luminació així com la identificació amb colors dels diferents espais per facilitar l'orientació

---

<sup>114</sup> Serra R., Coch H. Arquitectura y energía natural

són molt importants. Això és degut, com hem vist al punt 2.3.2 a la pèrdua de rendiment visual amb l'edat.

Per últim trobem els factors **psicològics**, relacionats amb el tipus de caràcter, l'educació i possibles sinestèsies. Engloba les associacions que hem vist més amunt sobre el color i el seu significat, les connotacions d'un espai associades al disseny, etc. Els espais comercials, altre cop, treuen partit d'aquestes sinestèsies per associar un determinat espai amb productes de luxe, o pel contrari, de baix cost a l'abast de tothom. També és important saber que, el què pot semblar adequat en una cultura, pot no ser-ho en una altra degut a la diferent manera de relacionar-se les persones entre elles.

Tots aquests factors no són un punt de partida pel disseny, en general, però cal tenir-los en compte per no cometre errors que puguin malmetre el confort dels usuaris en un determinat espai.

*L'usuari ha de ser el centre de tot disseny, ja que és qui finalment decidirà si un espai és o no és adequat a les seves necessitats. Per això, els aspectes de disseny han de tenir en compte aquest filtre, si no, l'espai no es solucionarà amb èxit.*

## 8.6 Síntesi

Després d'analitzar exhaustivament els definidors de la qualitat visual en espais de transició, hem vist que no tots tenen el mateix pes. Existeixen paràmetres i factors que tenen poca incidència en la qualitat visual de l'espai i sobre els quals es pot aplicar una certa flexibilitat, i d'altres que és molt important tenir en consideració.

Quan s'han determinat les necessitats visuals dels espais d'accés, hem vist que les més importants eren disposar d'un mínim de visibilitat, facilitar l'adaptació a diferents situacions lumíniques, proporcionar una visió tridimensional adequada i aportar qualitat estètica a l'espai en el seu context. La satisfacció d'aquestes necessitats es duu a terme atenent als definidors ambientals que s'han anat descrivint al llarg d'aquest capítol. A més de les necessitats bàsiques, aquests definidors també satisfan les necessitats d'orientació en l'espai, la percepció temporal i la protecció dels agents externs.

No obstant, el requeriment esmentat que mereix una atenció més profunda degut a la seva complexitat és l'adaptació visual. Per contra, aportar visibilitat suficient i una identificació correcta de l'espai no és difícil si es té cura en el disseny de l'espai i la llum. A més, l'aplicació de diferents solucions aporta qualitats de diferent naturalesa a l'espai i el context, que poden ser igual de correctes. Particularment, cal afegir que de vegades les solucions més correctes sobre el paper no són les més valorades pels usuaris d'un espai. Molts cops es busca la sorpresa, l'emoció, l'estremiment, o altres sensacions i per aconseguir-ho s'opta per solucions que surten dels valors considerats normals. Tot i això, els elevats nivells de llum als exteriors mediterranis converteixen el pas a l'interior de l'edifici en un punt molt sensible, que separa zones amb quantitats de llum molt diferents (figura 169), on l'adaptació visual és el paràmetre clau.



**Figura 169:** porta d'entrada a Son Boter (Fundació Pilar i Joan Miró, Palma) des de l'exterior i des de l'interior

*Els paràmetres ambientals que defineixen la qualitat visual d'un espai d'accés permeten satisfer les necessitats de les persones que hi transiten. Però el punt clau consisteix en resoldre correctament l'adaptació visual entre l'abundant llum mediterrània i la modesta llum de l'interior de l'edifici.*

## Cap. 9 El disseny i les seves repercussions en la visió de l'espai

*"The shapes and sizes of rooms, and the materials and details in them were determined largely by the appearance the room would take on when rendered by daylight" William M. C. Lam<sup>115</sup>*

### 9.1. El disseny i la qualitat visual

El procés de projectació d'un edifici és una activitat complexa durant la qual s'han d'intentar satisfer requisits de diferent naturalesa. Entre ells, els tres clàssics atribuïbles als Deu Llibres d'Arquitectura de Vitruvi, *firmitas*, *utilitas* i *venustas*. El primer requisit fa referència a la solidesa, procurant que l'edifici sigui segur estructuralment i no presenti defectes constructius. El següent consisteix en que es pugui utilitzar per la funció que se li encomana, per tant, que estigui condicionat per al seu ús. El tercer requisit es refereix a l'estètica, a la bellesa de l'obra creada. El compliment d'aquests tres requisits és imprescindible en tota obra arquitectònica, però n'hi ha d'altres que també cal considerar.

En els darrers anys, l'evolució sense control de la societat industrial ha imposat un respecte per l'entorn i els recursos que ha portat a la introducció de criteris de sostenibilitat i estalvi d'energia en els edificis. En arquitectures populars, construir utilitzant racionalment els recursos era un fet imperatiu degut a la limitada disponibilitat de mitjans. En canvi, la relativa facilitat amb que avui dia es pot disposar de mitjans materials i energètics ha portat a una arquitectura desvinculada del lloc i pensada sense tenir en compte la optimització de recursos, tot i que aquesta mentalitat poc a poc va canviant. Sense voluntat de tornar a construir amb tècniques tradicionals ni renunciar a uns mínims de confort, és imprescindible introduir una visió de l'arquitectura que incorpori les lliçons de la tradició respecte l'ús dels recursos. Val a dir que integrar els requisits relacionats amb la responsabilitat ambiental a l'arquitectura és senzill i no ha de ser un element afegit a posteriori, sinó que ha d'anar en paral·lel amb l'obtenció de solidesa, utilitat i estètica que hem esmentat més amunt, i formar-ne part. Pensar en l'adequació del disseny arquitectònic a la solidesa estructural, al condicionament ambiental i a una estètica determinada, pensats de manera lògica i racional, ha de portar indefectiblement a una solució més eficient en termes energètics i materials. Però perquè sigui així, és convenient que l'estratègia estigui pensada des d'un principi.

Si bé la solidesa queda al marge d'estudi d'aquesta tesi, la utilitat i l'estètica han estat considerades a l'hora de definir com són i com es veuen els espais d'accés al edificis. La visió d'aquests espais està lligada a la llum que hi arriba i com es reparteix, i això es pot aconseguir per dues vies: utilitzant el disseny com a eina o bé amb mitjans mecànics. Aquestes vies no són incompatibles entre elles, i la realitat és que coexisteixen en la majoria de casos. En primer lloc cal recórrer a les estratègies de disseny pensades per millorar la qualitat visual de l'espai, perquè són fàcils d'integrar, solen proporcionar resultats més satisfactoris i, a més, permeten evitar o minimitzar la incorporació de sistemes artificials amb una despesa energètica suplementària. En el context d'aquesta tesi això significa que quan la llum natural i l'espai es

---

<sup>115</sup> Lam, William M. C. Perception and Lighting as Formgivers for Architecture

dissenyen amb la intenció de millorar la visió a l'interior de l'edifici, es pot satisfer la demanda lumínica sense suplementar-la amb mitjans artificials, sobre tot pel que fa a l'adaptació visual.

Però encara que l'adaptació visual tingui un paper clau en accedir als edificis mediterranis en moments d'alta insolació, ja hem vist que no és l'únic aspecte a considerar. És cert que si es facilita la transició visual, el requisit d'orientació dins l'espai és més fàcil d'assolir, però existeixen altres atributs estètics que també cal tenir en compte. Segons com sigui i com estigui il·luminat, l'espai tindrà una aparença determinada. A continuació veurem com es relacionen els aspectes de disseny amb els definidors de la qualitat ambiental de manera genèrica, i deixarem per més endavant els aspectes que fan referència específica a l'adaptació.

A partir dels definidors de la qualitat visual analitzats al capítol anterior, i dels aspectes de disseny que hem vist al Capítol 6, s'ha confeccionat una taula que els relaciona entre ells (taula 13). La taula relaciona les dades en els dos sentits i on es troben senyala si la repercussió visual d'un aspecte de disseny sobre un paràmetre visual és alta, moderada, o desestimable. Com és lògic, totes les decisions de disseny repercuteixen en la visió de l'espai d'una manera o altra; algunes més, com el tipus de materials d'acabat o la configuració de la llum, i altres menys com alguns aspectes dimensionals. El què queda clar és que, en funció del resultat visual que desitgem, caldrà aplicar unes estratègies o altres.

**Taula 13:** aspectes de disseny dels espais de transició i influència en els definidors de la qualitat visual de l'espai; en gris fosc, els aspectes amb major importància, en gris clar, els aspectes amb una importància menor, en blanc, els aspectes amb cap o escassa importància

		Uniformitat E en l'espai	Distribució L en l'espai	Adaptació E recorregut	Adaptació L recorregut	Índex de modelat	Enlluernament	Tc i E (Kruithof)	Índex rendiment color	Color i percepció espai	Visió exterior	Atmosfera
<b>CONFIGURACIÓ DE L'ESPAI</b>												
ZONIFICACIÓ	Simple / Articulat											
DIMENSIÓ	Prop. en sentit d'accés (a/b)											
	Dimensió humana (a · b)											
	Alçada											
	Esveltesa (h / a · b)											
COMPOSICIÓ	Predomini del pla											
MATERIALS I ACABATS	Terra											
	Paret											
	Sostre											
CONTINUÏTAT VISUAL	Amb l'exterior											
	Amb l'interior											
<b>CONFIGURACIÓ DE LA LLUM</b>												
PROCEDÈNCIA	En planta											
	En secció											
	Composició											
FONT	Grau d'obertura											
	Orientació											
	Intensitat											
	Tipus de làmpades											
GRAU DE DIFUSIÓ	% llum directa											
	Aparença de la font											

Un dels requisits que han de complir els espais d'accés és permetre la correcta distinció de rostres i formes en l'espai, i aquesta qualitat s'aconsegueix amb un **índex de modelat** adequat. Com hem vist al Capítol 8 cal evitar llums excessivament rasants o excessivament difoses, i oferir un modelat equilibrat. Si bé els aspectes dimensionals de l'espai no tenen un gran pes per aquest índex, és cert que la distància i la posició de les obertures pot allunyar la llum directa de la zona propera al paviment o les parets, creant una escena amb ombres suaus a la zona de visió central. A més, l'orientació de les obertures fa que hi hagi una entrada de llum directa o difusa, com la de les obertures a sud i a nord respectivament. Òbviament, el material d'acabat de parets, terres i sostres és primordial en tant que fan que la llum es reflecteixi d'una manera o altra, actuant com superfícies difusores o especulars.

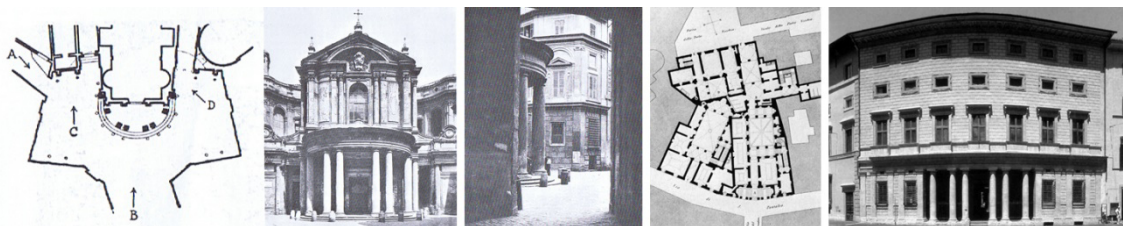
També és necessari evitar l'**enlluernament** directe en entrar a l'edifici, ja que pot resultar molest i causar manca de visió en accedir a l'espai. Els mecanismes per evitar l'enlluernament per part d'una font passen principalment per estudiar la seva posició i intensitat. La posició d'una obertura practicada enfront d'un paisatge molt lluminós, vist des d'un interior més fosc pot ser causa d'enlluernament, com hem vist a la figura 156 al Capítol 8. La situació és crítica si l'obertura es situa en la línia de visió. Donat que l'exterior mediterrani és molt lluminós, la seva visió des de dins els edificis pot generar un contrast massa alt en comparació amb les superfícies de l'interior quan són vistes a contrallum. Per això, cal utilitzar filtres i sistemes de control que limitin l'entrada de radiació. Un altre aspecte important, com en el cas anterior, és l'elecció de materials, sobre tot al paviment i les parets. En concret, els materials que poden produir enlluernament són els que tenen un acabat especular. Amb aquest acabat es poden arribar a reproduir les imatges i les condicions lumíniques exteriors en parts tan sensibles com el paviment, o bé es pot reflectir l'exterior a la paret situada just davant de l'entrada, si aquesta és transparent.

Altres qualitats, com la **temperatura de color** de la llum ( $T_c$ ) o l'**índex de rendiment en color** ( $R_a$ ), no són afectades pels aspectes formals de l'espai, sinó pel tipus de materials utilitzats, d'una manera minsa, i per l'orientació de les obertures o el tipus de font, en major mesura. De fet, la **percepció de l'espai deguda al color** està influïda pels mateixos aspectes de disseny que els paràmetres esmentats, però els seus efectes els veurem més en detall quan analitzem l'adaptació visual durant el recorregut i l'aspecte de les seves superfícies.

Els dos últims definidors de la qualitat visual d'un espai de transició són la visió de l'exterior i l'atmosfera creada. La **visió de l'exterior** permet tenir percepció temporal i coneixement de les condicions exteriors, així com la visió a distància proporciona relaxació a la vista. La visió de l'exterior és cabdal quan s'està sortint de l'edifici per conèixer les condicions temporals i ambientals, però no ho és tant en entrar perquè la necessitat d'informació en els dos casos és molt diferent. Per poder veure l'exterior és imprescindible disposar d'obertures en posicions que ofereixin escenes a diferents distàncies ja que cada distància comporta un diferent tipus d'informació. Les finestres molt altes i molt baixes contenen poca informació visual, però les altes permeten la visió directa del cel i les condicions atmosfèriques. Les obertures situades en una posició central mostren elements a diferents distàncies, persones, i altres components del paisatge urbà. La visió de l'exterior també es produeix quan els espais que proporcionen accés a l'edifici són parcialment oberts, com porxos, patis, etcètera, fent que l'espai participi de l'exterior.



Pel que fa a l'**atmosfera**, cal assenyalar que tots els aspectes tant de disseny de l'espai com de la llum tenen la capacitat d'interferir, en major o menor mesura, en la reacció subjectiva dels seus usuaris. Aspectes com la composició o la forma de l'espai són instruments per jugar amb el contrast, l'harmonia, el ritme o l'èmfasi. Obres arquitectòniques com el Palazzo Massimo a Roma, o Santa Maria della Pace, també a Roma (figura 170), treuen partit del ritme i l'èmfasi per contrast com element per sorprendre i intervenir en la sensació de l'observador<sup>116</sup>. En aquests casos es tracta de contrast generat pel ritme de buits i plens, llum i ombra, dels que s'ha anat parlant contínuament en aquesta tesi.



**Figura 170:** planta i dues vistes exteriors de l'església de Santa Maria della Pace a Roma (1667, P. da Cortona); planta i façana del Palazzo Massimo alle Colonne a Roma (1536, B. Peruzzi)

*Existeix una gran relació entre les decisions de disseny i la resposta visual en diferents termes. Algunes decisions de disseny intervenen d'una manera moderada en la qualitat visual de l'espai, mentre que altres són molt importants.*

## 9.2 El disseny i l'adaptació visual

L'acompanyament dels usuaris en el pas de l'exterior a l'interior es formalitza en el recorregut d'entrada a l'edifici. Tot recorregut té un inici, un desenvolupament i un final, que es produeix entre l'espai immediatament anterior a l'entrada i el propi edifici. A la part intermèdia es troba l'espai o espais de transició.

Per poder analitzar l'adaptació visual i la variació de luminància en el recorregut cal recórrer a la definició de l'escena visual. Aquest terme ha estat utilitzat durant tota la tesi per explicar què queda dins el camp visual d'una persona que es mou per l'espai, ja sigui dins o fora de l'edifici. La utilitat de l'escena visual durant l'accés no rau en les condicions lumíniques en un moment aïllat, com si la visió d'un edifici només fos una imatge estàtica, sinó en la variació de posició de les principals superfícies dins l'escena i els seus valors de luminància al llarg del recorregut d'accés, des del carrer fins a l'interior. Per l'anàlisi que es fa a continuació s'han pres els valors de luminància, ja que la llum que percep la persona que es mou per l'espai és la que li arriba de les superfícies, la lluminositat, i no la que arriba a un punt determinat de l'espai.

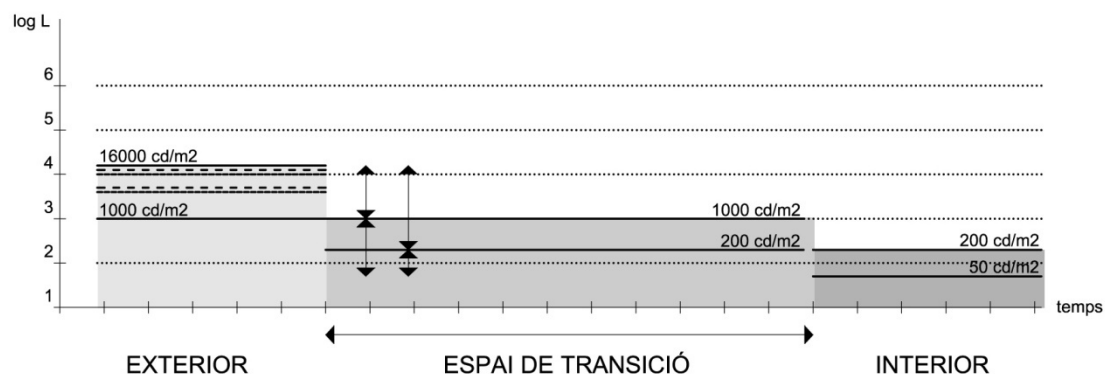
L'inici del recorregut, a efectes d'aquesta tesi, és un exterior urbà situat a en un entorn mediterrani. L'escena visual en aquest exterior ha estat profundament analitzada al Capítol 2, i consta de tres parts: un paviment (Zona 1) amb  $L_H$  entre 5000 i 14000 cd/m<sup>2</sup>, unes façanes i

<sup>116</sup> La Rasmussen, S.E. La Experiencia de la arquitectura: sobre la percepción de nuestro entorno. Capítulo III

elements verticals (Zona 2) amb  $L_v$  entre 1000 i 16000  $\text{cd/m}^2$ , i un sostre o cel (Zona 3) amb  $L_s$  entre 4000 i 9000  $\text{cd/m}^2$  (veure Taula 3, punt 2.3.1). Aquests valors corresponen a superfícies exposades al sol; quan es troben a l'ombra, la luminància disminueix fins a valors entre 300 i 1000  $\text{cd/m}^2$ . Com es pot veure, la zona central de l'escena abasta al rang més alt de valors, mentre que els del cel i el paviment queden inclosos dins aquest rang i a més es troben a la zona de visió perifèrica.

El destí del recorregut és l'interior de l'edifici. En un interior, els valors de luminància de l'escena són més baixos i més similars entre ells que els de l'exterior. La composició de l'escena (figura 144, punt 8.1.1) s'estructura igualment en tres parts, paviment, parets i sostre, amb valors de luminància que es mouen entre 50 i 200  $\text{cd/m}^2$  (figura 150, punt 8.1.2).

Com hem vist al capítol anterior, si es posen en una gràfica els valors esmentats (figura 171), amb la seqüència temporal en abscesses i el logaritme de la luminància en ordenades, ens podem fer una idea del repartiment de la llum al llarg del recorregut. La part inicial correspon a l'exterior de l'edifici i la part final al seu interior, i entre ells es situa l'espai de transició, que pot variar formalment segons veurem als següents apartats. Per facilitar l'adaptació a la foscor, hem vist que la luminància de les superfícies durant l'accés hauria de ser considerablement més baixa que la de les de l'exterior.



**Figura 171:** gràfica amb seqüència temporal en abscesses i logaritme de la luminància ( $\log L$ ) en ordenades, amb els valors mesurats a l'exterior i els valors esperats a l'interior; entre ells, l'espai de transició

Les estratègies per millorar l'adaptació visual en l'espai de transició impliquen, principalment, intervenir en la durada del recorregut o bé en la forma de l'espai de transició i les seves condicions lumíniques. Per una banda, quant més llarg sigui el temps que transcorre entre l'exterior i l'interior, més temps tindrà el sistema visual per adaptar-se a la nova situació. D'altra banda, la forma de l'espai modifica les proporcions de terra, parets i sostre dins l'escena, i per tant el repartiment de luminàncies percebudes. També es pot intervenir modificant la lluminositat de les superfícies, ja sigui mitjançant el color o a través de la llum que els arriba, de manera que el salt entre un exterior molt clar i un exterior molt fosc no sigui tan gran.

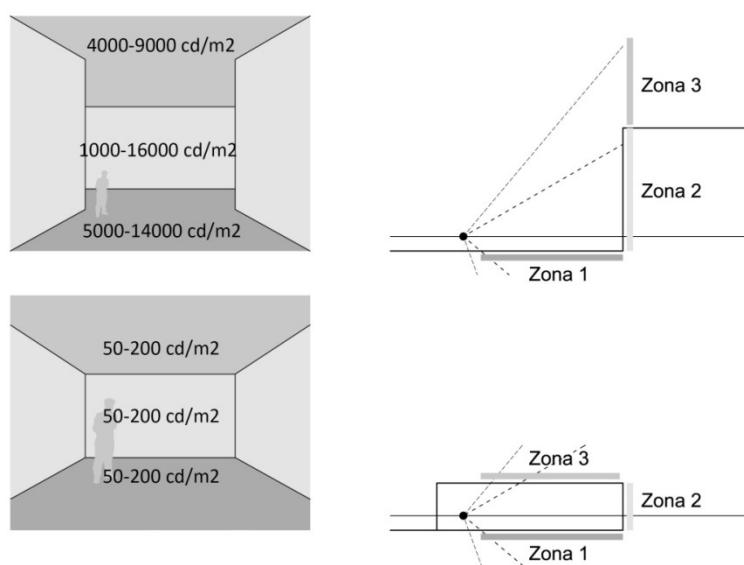
Seguint aquest criteri, a continuació veurem com es pot intervenir en l'aspecte de l'escena visual modificant la **forma de l'espai**, canviant les característiques de les seves **superfícies** o

intervenint sobre la **llum** que els incideix. Les tres estratègies estan relacionades entre elles i la modificació d'una implica canvis en l'altra.

*Tot recorregut té un inici, un desenvolupament i un final. En accedir a un edifici, l'abundància de llum a l'inici del recorregut condiciona la visió als espais interiors. Per això cal intervenir en el trajecte i facilitar la transició visual a través de diferents estratègies que consisteixen en la modificació de l'escena, el control de la llum que arriba a les superfícies i la seva aparença material.*

### 9.2.1 La forma de l'espai

Per abordar el tema de l'adaptació visual durant una seqüència temporal, cal analitzar les escenes visuals que intervenen durant el recorregut d'entrada. En capítols anteriors hem vist com són les escenes visuals en un entorn urbà mediterrani i les escenes visuals a l'interior d'un espai. Bàsicament, els elements que les formen són els mateixos, però amb diferents proporcions i valors de lluminositat (figura 172).

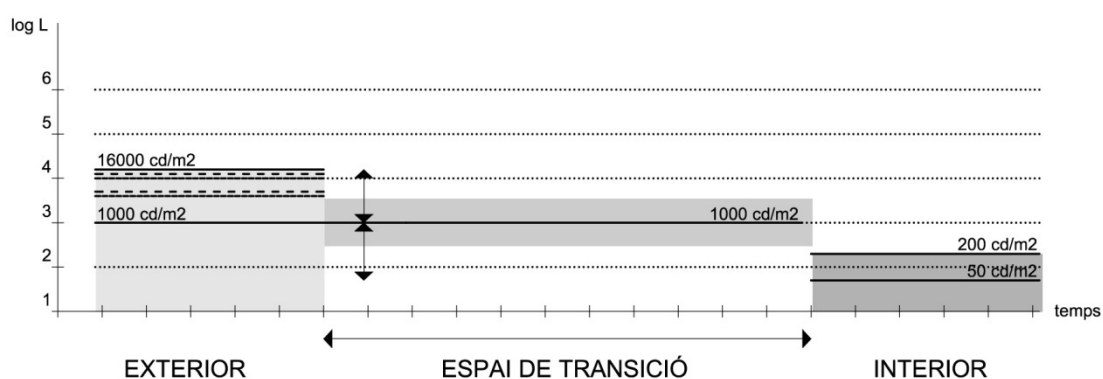


**Figura 172:** definició geomètrica de les escenes visuals corresponents a un exterior i un interior, amb les Zones 1, 2 i 3

L'aspecte de l'escena visual depèn en primer lloc de la forma de l'espai, que determina la part de terra, parets i sostre que hi estan representades. La forma també està determinada per la longitud del recorregut. A tall d'exemple, una de les estratègies de disseny per allargar el recorregut i crear un número major d'escenes visuals amb valors de lluminància intermedis és la utilització d'espais articulats. Segons la definició feta al Capítol 6, a la categoria referent a la **zonificació** es contempla l'opció que l'accés es produeixi per un espai que no sigui simple sinó articulat. Això implica solucions que combinen espais tancats com vestíbuls, i oberts com patis i porxos, entre altres.

Els seus efectes en la composició de les escenes visuals són els que s'han esmentat. Primer, quants més espais s'incorporen a un recorregut, més augmenta el temps invertit en travessar-

lo. En segon lloc, la introducció d'espais com porxos i patis genera ombres que produeixen una situació lumínica més fosca que l'exterior però més clara que l'interior, ja que són situacions intermèdies. L'efecte de la incorporació d'elements en el recorregut es mostra en un treball experimental<sup>117</sup> on diferents mecanismes d'obstrucció solar com voladissos i parets amb diferents perforacions, aïllats i combinats entre ells, es van simular al llarg d'un recorregut i es va mesurar la seva llum. El resultat apuntava, de manera genèrica, que introduir elements d'obstrucció durant el recorregut proporciona una gradació de luminància que afavoreix l'adaptació visual en entrar a l'edifici, a més d'incrementar el temps. Aquest resultat està en la línia d'altres autors<sup>118</sup> que afirmen que la successió d'elements i espais que formen la zona de transició millora l'adaptació a la lluminositat menor de l'interior en augmentar el temps necessari per recórrer-los. A més, mitjançant l'ús d'espais articulats s'introdueixen plans en ombra aconseguits amb porxos i elements intermedis com estratègia de disseny per contribuir al procés d'adaptació.



**Figura 173:** gràfica amb seqüència temporal en abscesses i logaritme de la luminància (log L) en ordenades, amb els valors mesurats a l'exterior i els valors esperats a l'interior; entre ells, l'espai de transició on s'indica la luminància de les superfícies a l'ombra (1000 cd/m²) i els valors propers

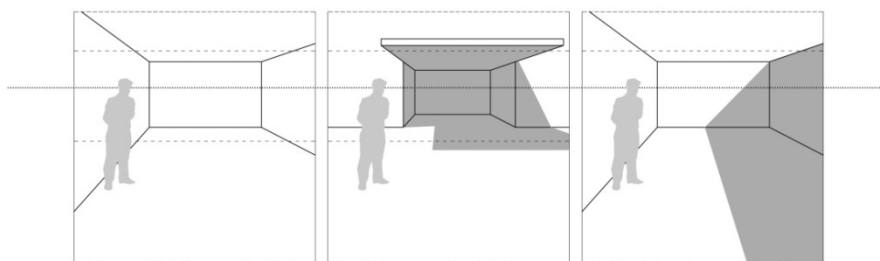
Si introduïm els valors de luminància de l'escena visual al llarg d'un espai de transició articulat (figura 173), veiem que entre el màxim que es pot donar a un exterior molt lluminós i un espai ombrívol com un porxo hi ha un salt d'una unitat logarítmica, si els valors s'assimilen a les 1000 cd/m² mesurades en superfícies a l'ombra. Per tant, la utilització de superfícies en ombra contribuirà a facilitar la transició visual entre les dues situacions. A més, si tenim en compte que a l'exterior la zona més clara i uniforme correspon al paviment, queda palès que aportar ombra en aquesta zona disminueix considerablement el valor mig de luminància. De fet, el paviment intervé de manera molt important en el procés d'adaptació lumínica proporcionant temps a la retina per adaptar-se<sup>119</sup>. La zona central de l'escena, on també es poden donar valors molt alts si les superfícies estan exposades directament al sol, també disminueix en lluminositat i facilita l'adaptació a l'interior amb la introducció d'espais articulats que creïn ombres. La part superior de l'escena és la que canvia en menor mesura, tot i que la instal·lació de voladissos enfosqueix

<sup>117</sup> Mohamad T. Araj, Mohamed Boubekri, Nader V. Chalfoun. An Examination of Visual Comfort in Transitional Spaces. Architectural Science Review Volume 50.4 pp.349-356

<sup>118</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light. p. 17-18

<sup>119</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light. p. 17-18

la part superior del camp visual i al mateix temps impedeix la incidència solar directa. Com a criteri general, la idea és generar ombres en els plans verticals i sobre tot en el terra, a les zones properes a l'entrada, creant una gradació de lluminositats al llarg del recorregut. Això es pot fer amb patis, porxos o inclús introduint vegetació, mecanismes de disseny explicats a l'apartat de configuració de l'espai del Capítol 6, i que generen zones en ombra (figura 174).



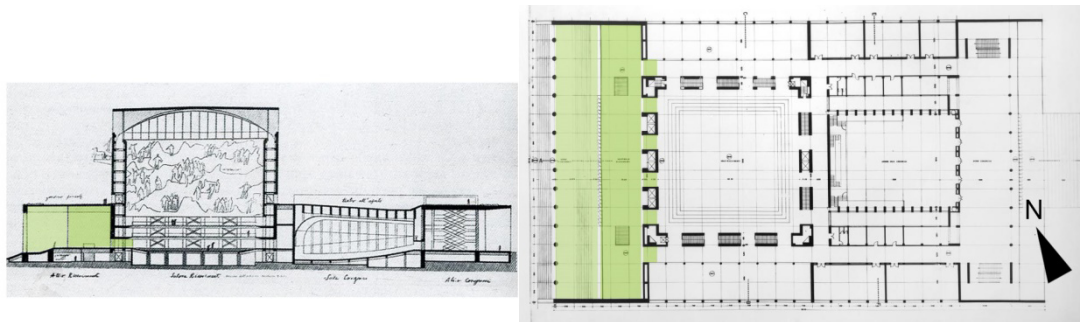
**Figura 174:** esquema d'escenes visuals d'espais amb parets i sostre; espais amb sostre sense parets; i amb parets sense sostre

Si ens fixem en alguns dels exemples que hem vist al Capítol 6, veurem com actuen els espais articulats en introduir superfícies amb lluminositats intermèdies. Al Palau de Congressos a l'EUR, a Roma (figura 175), l'entrada està orientada a nord-oest i el porxo d'entrada de doble alçada crea un espai previ al vestíbul. En estar orientat a nord-oest, el porxo d'entrada té poc entrada a llum directa, i quan aquesta incideix és a la tarda, amb menor intensitat. Quan l'exterior és molt lluminós, aquest espai es troba en semi penombra proporcionant una lluminositat prèvia a l'interior més fosc del vestíbul. Com que la llum passa entre les columnes, el terra del porxo rep llum que és reflectida a la resta de superfícies de l'espai. Una petita zona amb el sostre més baix dona accés a la gran sala central del palau, clara i ben il·luminada.

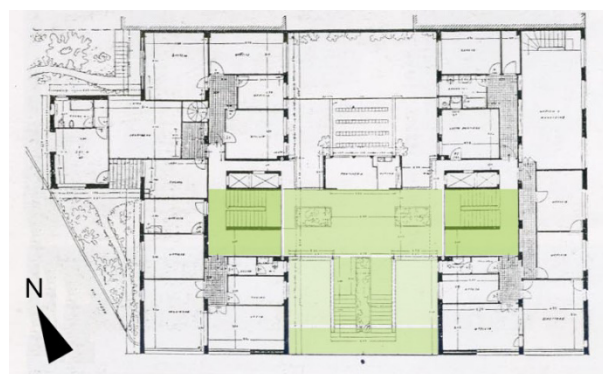
A la zona d'entrada de la Casa Rustici a Milà (figura 176), l'entrada es produeix per un espai tipus pati orientat a sud-oest entre dos blocs paral·lels. Com que el pati està parcialment obert per un dels costats rep molta llum directa que les pròpies façanes dels blocs reflecteixen aportant lluminositat a aquest espai intermedi. Després d'un tram d'escaleres descobert s'arriba a la cota dels vestíbuls, amb un espai exterior però cobert amb una superfície de vidre translúcid que deixa passar la llum de manera difusa, fent que es reparteixi de manera uniforme per l'espai. D'aquí s'accedeix als dos vestíbuls, que són espais coberts i tancats. En el recorregut es crea una seqüència espacial amb lluminositats menors que la de l'exterior, però major que la del vestíbul.

El tercer cas, Can Lis a la costa de Mallorca (figura 177), consisteix en el vestíbul d'una casa aïllada. L'entrada es produeix per la façana nord a través d'un petit espai obert per dos costats integrat en un dels volums principals. El material de tota la casa és pedra de marès, una pedra local de color clar. L'espai de l'entrada també és d'aquest material i es troba en una situació més ombrívola que les parets exteriors, per això s'hi donen unes condicions lumíniques intermèdies. Des d'aquest espai, encara públic, s'accedeix a un altre vestíbul. En ell, una petita obertura en forma de mitja lluna està retallada sobre la paret frontal creant un fort contrast, ja que la casa està orientada a sud. L'espai està obert per un dels costats, i connecta amb un pati que dona accés a un altre dels volums. Per l'altre costat, s'accedeix a la resta de la casa. La uniformitat dels materials i l'obertura parcial dels espais d'accés són les característiques de

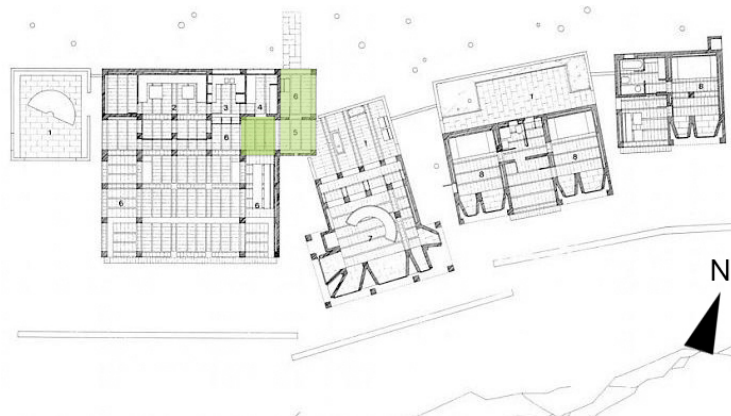
l'entrada a aquesta casa, on la llum i l'ombra sobre les superfícies principals es combinen per crear un repartiment equilibrat.



**Figura 175:** palau de congressos a l'EUR, Roma (1938-1954, A. Libera); en verd, els espais d'accés



**Figura 176:** casa Rustici a Milano (1936, G. Terragni); en verd, els espais d'accés

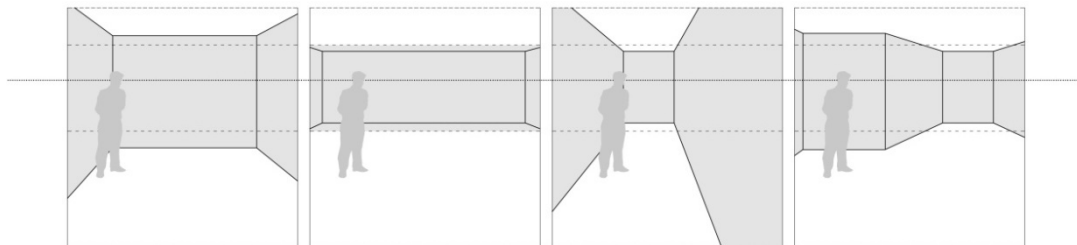


**Figura 177:** can Lis a Portopetro (1972, J. Utzon); en verd, els espais d'accés

A més de determinar els diferents espais que configuren l'entrada, en l'anàlisi de la forma també són importants els aspectes **dimensionals** de l'espai. Les categories que s'han definit en descriure la dimensió d'un espai són: la proporció en el sentit d'accés, la dimensió humana, l'alçada i l'esveltesa. L'efecte dels aspectes dimensionals en l'escena visual és la quantitat de paviment, parets i sostre que seran visibles. Val a dir que tots aquests aspectes estan lligats entre ells i la composició de l'escena és una barreja dels diferents trets formals de l'espai.

Pel que fa a la **proporció en el sentit d'accés**, aquest aspecte indica si l'espai és regular, allargat en un o altre sentit o irregular (figura 178). Quan veiem un espai regular en perspectiva no

destaca cap dimensió en planta i les parets tenen una importància similar entre elles i amb la resta de superfícies, cosa que no passa en la resta de casos. En un espai irregular no es poden fer consideracions generals perquè dependrà de com sigui l'espai per determinar quines superfícies són més visibles.



**Figura 178:** esquema d'escenes visuals d'un espai regular, allargat en sentit perpendicular, perpendicular en sentit paral·lel i irregular

En canvi, sí que es poden fer consideracions respecte els espais allargats. En els espais on la dimensió curta és la del sentit d'entrada ( $a > b$ ), la paret frontal és la més important i amb major presència dins de l'escena visual. És el primer que es veu i la seva aparença determina d'aspecte de l'espai. Per això cal que tingui una lluminositat elevada amb valors propers a l'exterior en ombra. En un espai així el recorregut és curt perquè s'entra de cop, per tant cal incidir en l'aspecte de les superfícies a través dels materials o la llum que els arriba. Quan l'espai té la direcció de la circulació ( $a < b$ ) s'assimila a un passadís on les parets laterals són les superfícies principals i la frontal intervé poc o gens en la visió de l'espai. Tot i que les parets tenen una presència important, no oblidem que són vistes en escorç, i per tant la informació que continguin serà vista de la mateixa manera, inclús les possibles obertures que hi hagi. En espais amb aquesta forma, l'element que es situï al final pot tenir importància visual o no. Si la circulació condueix a aquest punt caldrà fer-lo més lluminós per indicar la direcció correcta; si pel contrari, s'enfosqueix, deixarà de mostrar-se com un objectiu. Aquest és un tipus d'espai molt direccional degut a l'efecte de la perspectiva, amb una marcada convergència de les línies que senyala i orienta en una direcció de manera molt clara.

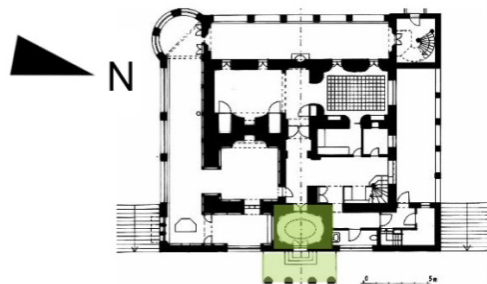
Al punt 6.1.2 trobem exemples que corresponen a espais d'accés amb diferents proporcions. El vestíbul de la Villa Karma (figura 179) és un exemple d'espai totalment regular, ja que té una planta en forma d'el·lipse. Tot i no tractar-se d'un cercle (la forma més regular, per definició), s'hi aproxima bastant. El tractament de les superfícies mitjançant un paviment que segueix la forma en planta, i les parets amb homogeneïtat material, remarquen la seva uniformitat. La manca d'arestes verticals subratlla aquest tret formal.

Al Kimbell Art Museum (figura 180), l'entrada es produeix a través d'un espai articulat, format per un porxo i un vestíbul tancat. Els dos espais s'estenen notablement a banda i banda de l'entrada, i el porxo crea un espai ombrívol abans d'entrar. Malgrat que a les imatges generalment es mostri l'espai en sentit longitudinal, l'accés es produeix en sentit transversal, de manera que la superfície vidriada que connecta amb el porxo i la paret de fusta on hi ha el taulell són els elements que es troben just al centre de l'escena visual en entrar. El cas d'aquest museu és particular per altres motius, com l'entrada de llum zenital a la part superior de la volta que recorre tot l'espai en sentit longitudinal. Aquesta entrada de llum aporta lluminositat al

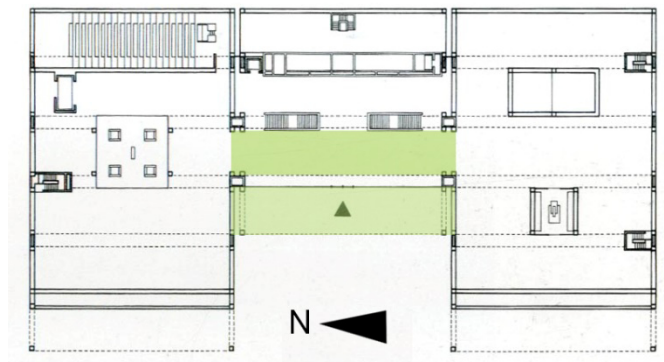


sostre, que es reflecteix de manera difusa per tot l'espai. Aquest interior està molt equilibrat lumínicament gràcies al lluernari i la presència d'arbrat a l'exterior, que filtra la llum directa provinent d'oest i l'esmorteeix.

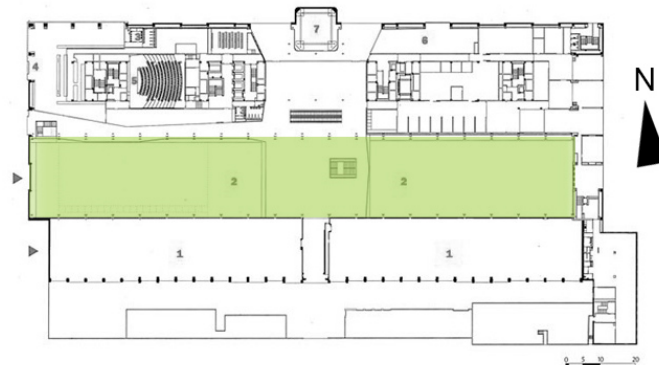
L'últim exemple d'aquesta categoria correspon al gran atri de la Tate Modern a Londres (figura 181). La importància d'aquest espai, dissenyat amb una forma que acompanya el moviment d'entrada, recau en les parets laterals, on es troba la major part d'informació. Aquí també s'utilitza la llum zenital, però unes obertures practicades als costats curts a contrallum, orientats a est i oest, generen un efecte de penombra degut a l'enfosquiment de la seva superfície interior per contrast. Amb aquesta disposició espacial, l'accés s'assimila a un carrer cobert, com les antigues galeries, però amb una atmosfera més fosca.



**Figura 179:** entrada i vestíbul de la Villa Karma a Montreux (1906, A. Loos); en verd, l'espai d'entrada

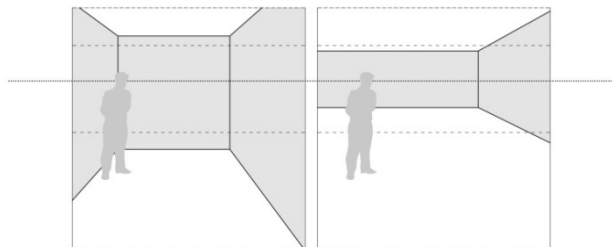


**Figura 180:** Kimbell Art Museum a Fort Worth (1972, L.I.Kahn); en verd, els espais d'accés



**Figura 181:** Tate Modern a Londres (2000, Herzog & de Meuron); en verd, els espais d'accés

La **dimensió** de l'espai **en planta**, com hem vist en tots els exemples, no es pot separar de la resta d'aspectes dimensionals, ja que la visió d'un espai es forma a partir d'una combinació de tots ells (figura 182). No obstant, en un espai gran el paviment és una part molt important de l'escena visual, i en canvi, parets i sostre queden més al marge de l'escena.



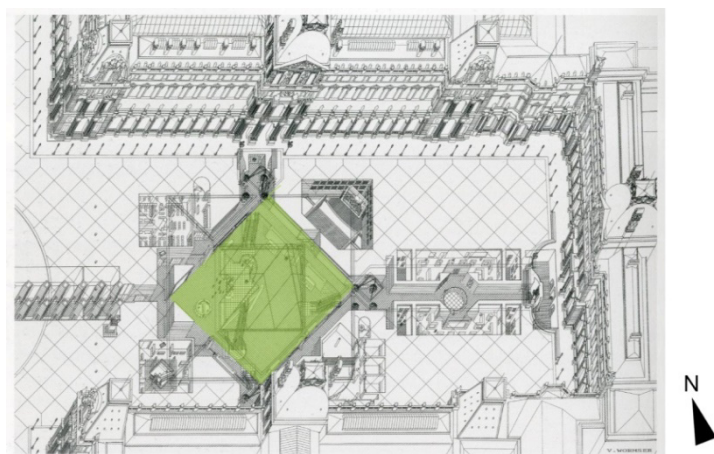
**Figura 182:** esquema d'escenes visuals d'un espai petit i un espai gran

En referència a la superfície o dimensió humana, quan un espai és petit, com el vestíbul d'una casa, les parets i els seus detalls ocupen la major part de l'escena. Per exemple, als pisos de la Barceloneta (figura 183), Coderch obre una de les parets per visualitzar el següent espai i, alinea la porta amb l'obertura d'aquesta sala a l'exterior. En aquest cas, les obertures estan practicades a nord. El sostre i el terra pràcticament no es perceben quan accedim a un espai d'aquestes dimensions, però sí les parets i la seva decoració, o bé els espais contigus i les seves obertures, si n'hi ha.

Quan la situació és totalment oposada i l'espai d'accés és molt gran, la imatge és totalment diferent. Al vestíbul del Louvre a Paris (figura 184), la persona situada dins l'espai ha de recórrer a senyals i informació visual per orientar-se degut a la seva gran dimensió, tot i ser un espai força regular en planta. A més, es tracta d'un espai gran i alt amb un sostre transparent a la part central, amb la qual cosa rep una il·luminació general. Les parets gairebé no apareixen a l'escena perquè resten a l'ombra, però el paviment sí, ja que rep una gran quantitat de llum provinent del sostre. El museu es troba en un clima on no predominen els cels clars i el sol directe, però en el cas que no fos així, la part central de l'espai s'assimilaria bastant a una escena visual exterior mediterrània, amb els mateixos avantatges i inconvenients d'aquest. En termes generals, en augmentar la superfície, el paviment té major visibilitat i, depenent de l'alçada, el sostre pot arribar a desaparèixer del camp visual. Les parets molts cops poden passar a un pla secundari. El repartiment de superfícies lluminoses i fosques, en aquest cas, dependrà del tipus de llum que hi hagi a l'espai.

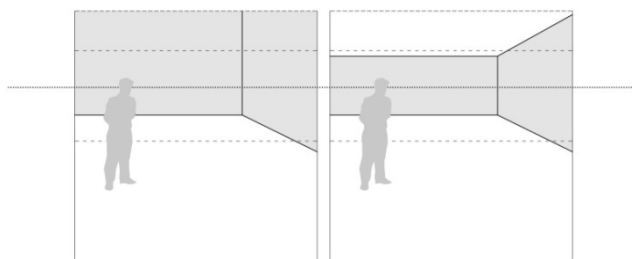


**Figura 183:** pisos a la Barceloneta (1951, J.A. Coderch); en verd, el vestíbul



**Figura 184:** Museu del Louvre a Paris (1989, I.M. Pei); en verd, l'espai d'accés

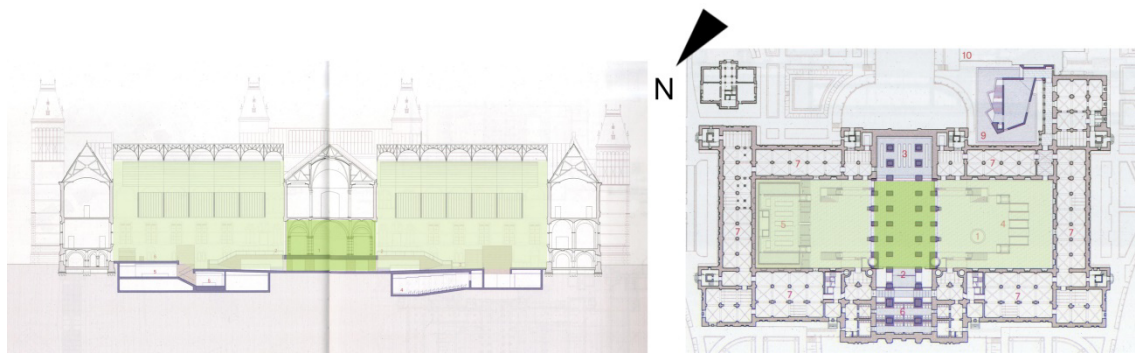
La tercera dimensió, totalment relacionada amb les altres dues, és l'**alçada** de l'espai. Fonamentalment, l'alçada d'un espai d'entrada influeix en el fet que el sostre sigui més o menys visible dins l'escena, tot i que en general sempre ocupa poca proporció comparat amb el terra i les parets (figura 185). No obstant, quan un sostre és més alt del normal pot produir-se l'efecte contrari, que s'observi més perquè crida la nostra atenció. Aquest fet és més pronunciat quan l'entrada de llum es produeix precisament pel sostre.



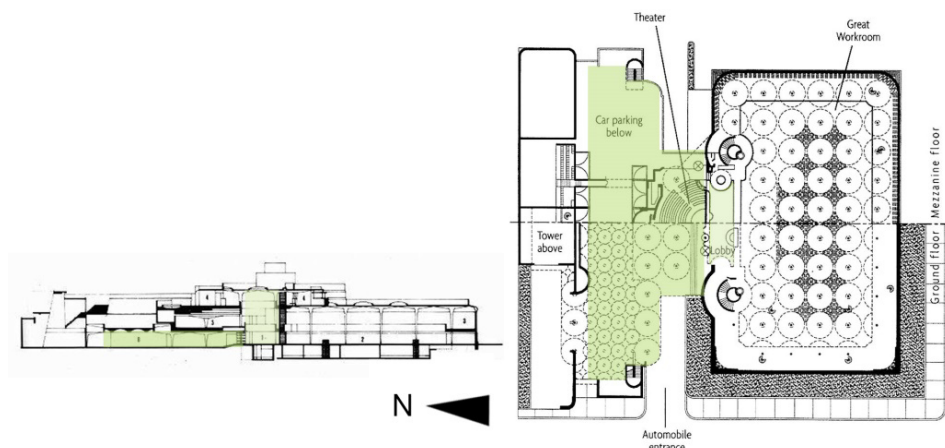
**Figura 185:** esquema d'escenes visuals d'un espai amb més de doble alçada i d'una alçada

Un exemple d'atri és el del Rijksmuseum d'Amsterdam (figura 186), amb un sostre que actua com a focus d'atenció perquè està vidrat, és molt lluminós i es veu l'exterior. A més, quan els visitants del museu esperen trobar un espai interior mitjanament fosc un cop traspassada la primera entrada, els apareix davant els ulls un pati cobert molt espaiós i lluminós, que s'assimila a un espai exterior. El clima d'Amsterdam no és mediterrani i el tipus de cel predominant tampoc, per tant el sostre vidrat deixa veure un cel cobert amb una lluminositat molt uniforme que actua com a font indirecta. A una escala més petita trobem l'atri de la seu de la Johnson Wax de Wright (figura 187). Aquí els treballadors arriben en cotxe i aparcuen en un espai exterior cobert amb el sostre baix i bastant fosc. La sensació és d'aixafament i penombra. A partir d'aquí es pugen uns esglaons i trobem les portes d'entrada a la seu, en un espai encara baix de sostre, que donen a l'atri principal, de triple alçada, amb el sostre de vidre i formes arrodonides. Des d'aquí, a més, es veu la sala principal de la seu de l'empresa amb el bosc de pilars amb capitells circulars tan característic d'aquest edifici. L'ús de les tonalitats dels materials combinats amb la llum confereixen a l'espai una atmosfera molt càlida.

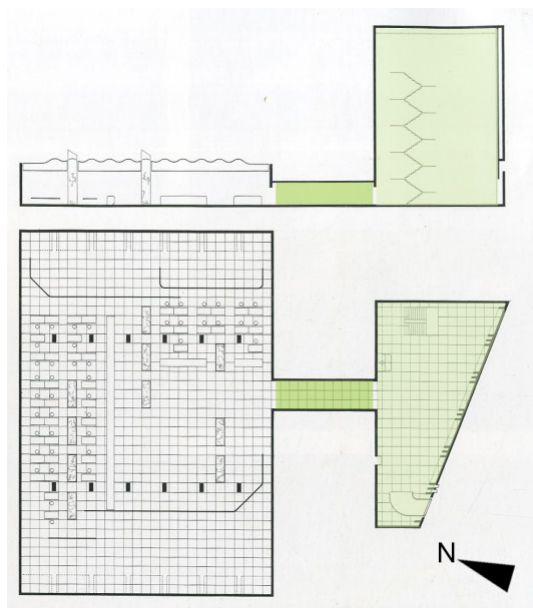
Sense visió del sostre, però amb una lluminositat que decreix de dalt a baix, l'entrada a l'antic Cinema Barceló a Madrid (figura 95) s'expandeix en vertical i condueix la mirada cap a dalt per percebre el doble espai. En canvi, en el Banc Nacional de Dinamarca (figura 103) el sostre no té gairebé importància degut a una dimensió relativament petita en planta i la presència d'elements com l'escala penjada del sostre que acaparen l'atenció. Aquest és un exemple magistral de combinació d'espais d'accés. La porta principal es situa arran de façana, orientada a sud, i està coberta per un petit voladís de vidre. A continuació s'entra en escorç pel vèrtex d'un espai de planta gairebé triangular i molt esvelt. La primera imatge d'aquest espai l'ocupa l'escala suspesa, que és l'únic element dins aquest entorn minimalista revestit de pedra de color gris. L'aspecte de l'espai és molt homogeni, i només l'entrada de llum directa, rasant, per les obertures verticals de la façana, trenquen aquesta homogeneïtat. Des d'aquí, un passadís porta fins a l'espai d'atenció del banc, on hi ha un canvi d'escala horitzontal i vertical, ja que es tracta d'un espai molt ampli amb poca alçada en comparació; el canvi es produeix entre un espai molt esvelt i un espai gens esvelt. A més, també es produeixen dos canvis importants: un canvi de llum i un de materials. El canvi cromàtic es dona entre la pedra gris i freda de l'atri i la fusta de colors càlids d'aquesta zona, on també hi ha uns petits patis amb vegetació. A més, també hi ha un canvi d'il·luminació que passa de ser lateral i més dramàtica a l'atri, a banyar de manera zenital i uniforme l'espai, amb la utilització de fonts més càlides.



**Figura 186:** Rijksmuseum d'Amsterdam (2013, Cruz y Ortiz); en verd, els espais d'accés



**Figura 187:** seu de Johnson Wax a Wisconsin (1939, F.L. Wright); en verd, els espais d'accés



**Figura 188:** Banc Nacional de Dinamarca a Copenhage (1971, A. Jacobsen); en verd, els espais d'accés

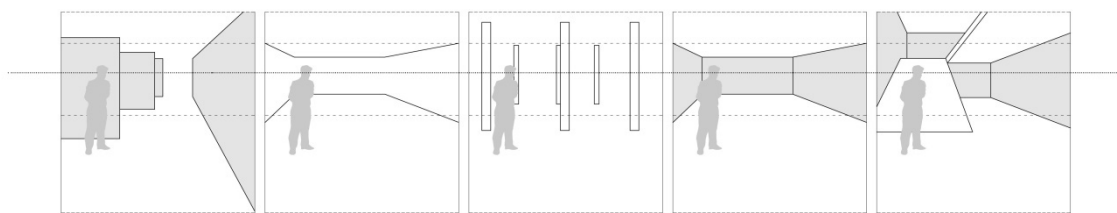
Malgrat el que hem vist en alguns d'aquests exemples, els sostres acostumen a ser les superfícies menys lluminoses ja que la llum normalment procedeix de dalt a baix i en aquest cas es troben a contrallum. Com veurem més endavant, amb llums laterals o provinents d'obertures situades a la part superior, l'espai creix en vertical i el sostre agafa més protagonisme malgrat que durant el recorregut d'entrada la vista es mantingui lleugerament inclinada cap al paviment i puntualment es pugui desviar cap al sostre.

Si combinem els aspectes geomètrics de les tres dimensions alhora, el resultat és el grau d'**esveltesa** de l'espai. Les opcions més extremes són els espais molt esvelts i els que no ho són gens. Entre mig hi ha tot un ventall de solucions intermèdies. De fet, no existeix una relació unívoca entre superfície en planta i esveltesa, o alçada i esveltesa. Un espai pot tenir una superfície molt gran i ser esvelt, o no ser-ho amb la mateixa superfície i poca alçada. Els efectes sobre l'escena visual són similars als dels casos anteriors, ja que varia la presència del sostre, les parets i el paviment dins l'escena visual. La visió del sostre dependrà de l'alçada de l'espai, referida a l'alçada de la vista de l'observador. La del paviment dependrà de la dimensió de l'espai, sent major quant més gran sigui la seva superfície. Quan un espai no és gens esvelt, els plans horitzontals tanquen l'escena per la part superior i inferior, mentre que en els espais esvelts destaca el perímetre que s'eleva fins desaparèixer de la vista.

Dels exemples que hem vist en definir formalment els espais d'accés, el vestíbul de la Villa Karma (figura 97) correspon a un cas d'espai esvelt malgrat tenir una superfície molt reduïda. Entre els més esvelts, el vestíbul del Banc Nacional de Dinamarca (figura 188) o la biblioteca de la Universitat Pompeu Fabra al dipòsit d'aigües (figura 106).

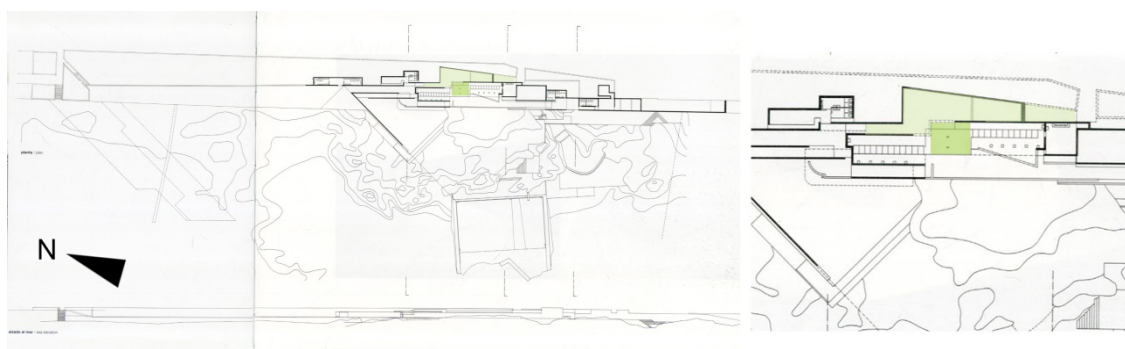
La següent categoria de configuració referent a la configuració de l'espai és la seva **composició**, basada en el protagonisme o presència dels diferents plans en l'espai. L'escena visual en aquests casos és fàcil de descriure, ja que la pròpia definició diu quins són els plans més importants dins l'escena (figura 189).





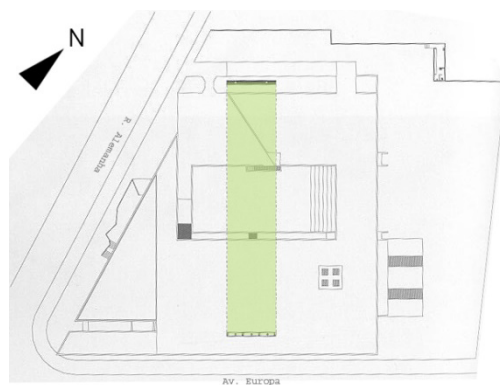
**Figura 189:** esquemes d'escenes visuals d'espais amb diferent composició segons el predomini de plans: vertical, horitzontal, desaparició del pla, caixa i moviment

L'escena visual d'un espai amb predomini de plans verticals, com l'accés a les piscines de mar a Leça da Palmeira (figura 190), està bàsicament formada per les parets. En aquest cas es tracta d'un espai sense coberta, i per tant, els plans verticals estan exposats a la llum solar directa o a la seva ombra pròpia, generant importants contrastos. Els espais compostos principalment amb plans verticals convé que tinguin una jerarquia i aparença diferent per facilitar la seva distinció i així destacar informació inclosa en ells o facilitar l'orientació dins l'espai. Els plans horitzontals, en aquestes composicions, tenen visualment una importància secundària, ja sigui pel que fa a la llum o als seus materials.



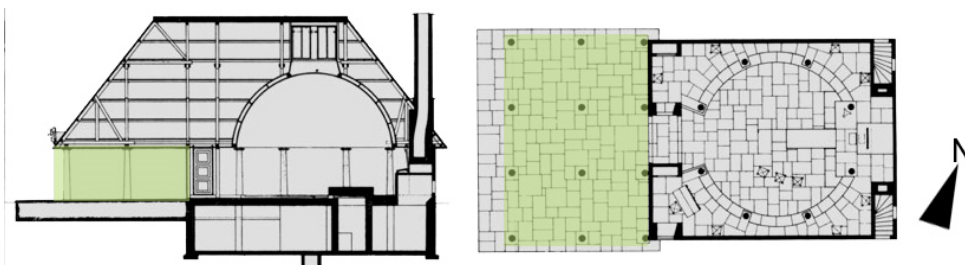
**Figura 190:** piscines de mar a Leça da Palmeira, Matosinhos (1966, A. Siza); en verd, els espais d'accés

Quan l'espai basa la seva composició en els plans horitzontals, aquestes superfícies són les que tenen el protagonisme dins l'escena. Ja sigui el paviment, que sempre es veurà molt, o el sostre, la presència del qual dependrà de l'alçada de l'espai. L'accés al Museu Brasiler d'Escultura a São Paulo (figura 191) és una mostra d'espai amb una composició basada en els plans horitzontals, marcats principalment per la llosa del sostre, que aporta ombra i pes a l'espai. En aquest cas, una gran llosa de formigó vist serveix com a fita per ser vista des de diferents punts, per sota de la qual es pot accedir al museu. L'edifici està soterrat i es troba integrat en un parc; la llosa està per sobre d'un espai molt poc esvelt format per plataformes a diferents alçades sobre les quals es pot accedir a l'entrada del museu. En tractar-se d'un sostre que ocupa una superfície considerable, projecta una gran ombra sobre el paviment creant una zona més fosca que l'entorn. A més, el sostre no està il·luminat i tanca l'escena visual per la part superior amb un valor de lluminositat molt baix. Com que es tracta d'un espai sense parets, el parc i l'entorn urbà tanquen la visió de l'espai en el seu perímetre amb una imatge més clara que la que hi ha sota la llosa de l'entrada. Si bé les entrades s'organitzen en altres nivells situats a una cota inferior, la situació de la llosa dins el parc marca la ubicació i l'inici del recorregut d'entrada al museu.



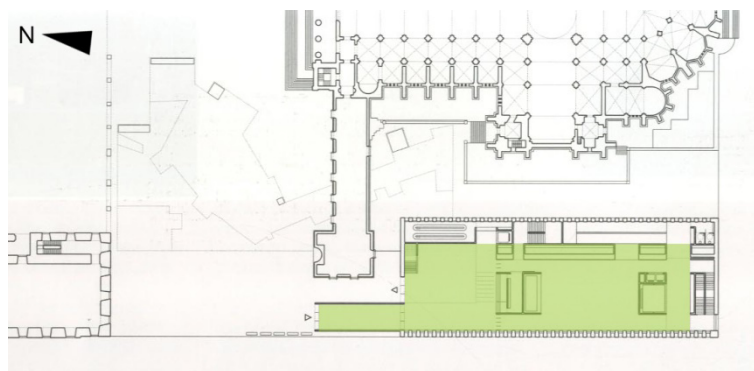
**Figura 191:** Museu Brasileiro d'Escultura de São Paulo, MUBA (1995, P. Mendes da Rocha); en verd, la llosa que cobreix l'accés

Quan no existeix un predomini de plans, sinó que l'accés es marca amb elements individuals singulars com columnes, la imatge que es té dins l'espai depèn totalment de l'entorn del recinte delimitat. La Capella del Bosc (figura 192) és un exemple de com les columnes s'integren amb l'entorn i en formen part. L'accés porxat, tot i tenir sostre, basa la seva composició en els elements verticals que s'assimilen als troncs dels arbres del bosc que envolta la capella. El recorregut és totalment frontal a través d'un camí que passa pel mig d'un bosc. D'aquesta manera, es produeix una penetració visual del propi bosc fins a la mateixa porta d'entrada. El cas de la casa Vittoria a Pantelleria (figura 111) és diferent. Les columnes aquí actuen com fites que marquen un recorregut i delimiten virtualment l'espai. L'escena visual la conforma la imatge de l'espai exterior, ja que no existeixen límits físics, i la transició lumínica en si mateixa es substitueix per una transició únicament visual durant el recorregut.



**Figura 192:** Capella del Bosc a Estocolm (1912, E.G. Asplund); en verd, l'espai d'entrada

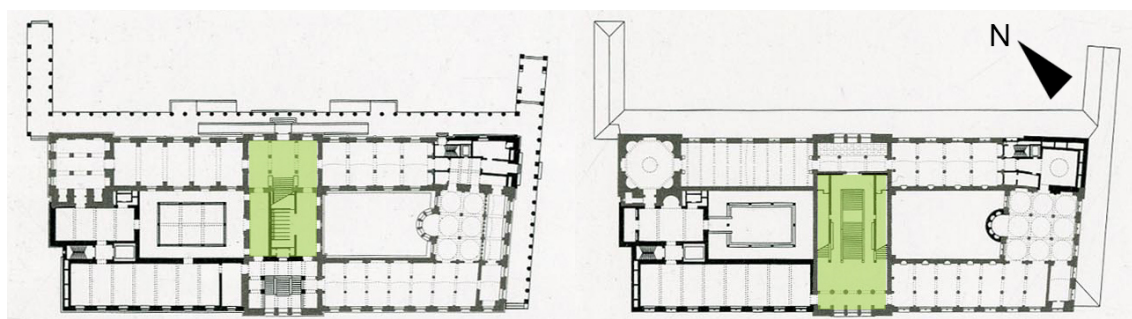
El cas contrari a l'anterior es dona quan tots els plans tenen la mateixa importància i l'espai és visualment com una caixa. Com a tal, pot variar en la seva forma, dimensió i proporcions, però existeix una unitat formal entre les superfícies que limiten l'espai. La lluminositat d'aquestes superfícies dependrà de les característiques que es donin a la llum. En el cas de l'entrada al Museu de las Colecciones Reales a Madrid (figura 193) l'espai té la forma d'una caixa on s'han realitzat uns talls en un dels costats per fer entrar la llum. Com que el sostre i la paret oposada reproduïen aquest mateix retall, l'espai dona la impressió de ser homogeni per tots els seus costats. L'entrada de llum a través dels retalls de la façana, orientats a oest, projecta unes ombres sobre el terra amb la mateixa forma, fet que contribueix a que en determinats moments del dia el terra també reproduïx la forma de les parets i el sostre. L'escena visual dels espais tipus caixa depèn totalment de la superfície i alçada de l'espai.



**Figura 193:** Museu de las Colecciones Reales a Madrid (2016, Tuñón y Mansilla); en verd, l'espai d'entrada

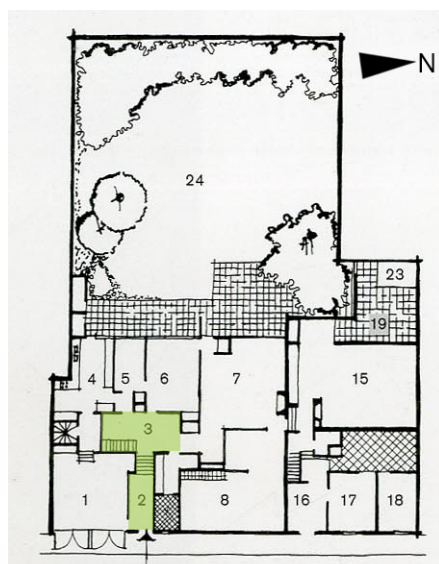
Un cas diferent dels anteriors es dona quan l'espai està compost a partir del moviment. Aquests espais compten amb plans inclinats, elements de circulació que creuen l'espai i altres elements compositius que fan que la visió no es centri exclusivament en els principals plans de l'arquitectura. Aquests espais poden ser més o menys regulars en la seva forma, però sempre existeix un element que centra el protagonisme.

El vestíbul del Neues Museum a Berlín (figura 194) o el vestíbul de la casa de Luis Barragán a Mèxic (figura 195), són dos exemples d'espais més o menys regulars on l'element de circulació protagonitza l'escena. Al Neues Museum, la diferència de material i color entre els elements de circulació i les parets destaquen l'escala, a més de la seva posició al centre de l'escena visual. D'aquesta manera la blancor de l'escala, en contrast amb les parets d'obra vista, ocupa la major part de l'escena visual. A la casa de Luis Barragán, els dos espais que formen l'entrada estan protagonitzats per escales i, a més, l'entrada de llum orientada a sud, situada a la part superior del replà del segon espai, el fa créixer cap amunt i cedeix tot el protagonisme a l'escala. El vestíbul del Kiasma és una mica diferent (figura 196). La forma en corba li dona un aspecte totalment dinàmic. Passat el voladís i la porta d'entrada, il·luminats per ulls de llum de sud, la rampa segueix aquesta corba, creua l'espai i s'introdueix per una escletxa al final del vestíbul per perdre's en l'espai contigu. Tot i això, el tractament cromàtic de les parets i la rampa dota d'uniformitat l'espai, blanques i més lluminoses que el paviment de color gris fosc. L'entrada de llum pel sostre acompanya la vista cap a la part superior de l'espai.

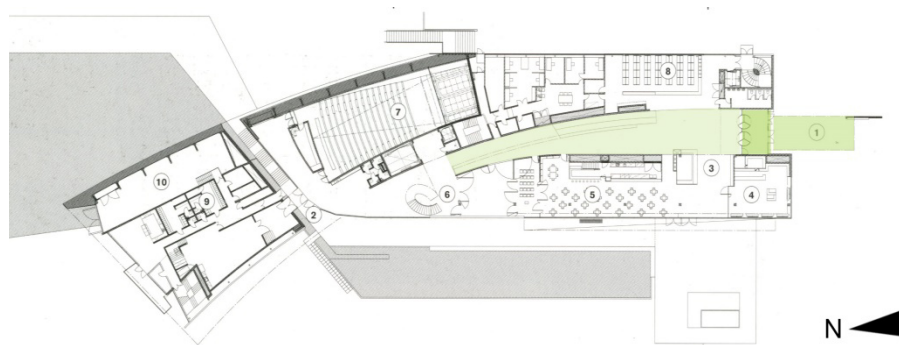


**Figura 194:** Neues Museum a Berlin (2009, D. Chipperfield); en verd, els espais d'entrada





**Figura 195:** casa taller de Luis Barragán a Tacubaya, Mèxic (1947, L. Barragán); en verd, els dos vestíbuls d'entrada



**Figura 196:** Kiasma a Helsinki (1998, S. Holl); en verd, els espais d'entrada

### 9.2.2 L'aspecte de les superfícies

L'aparença d'un espai està determinada per la seva forma i l'aspecte de les seves superfícies que, al mateix temps, es veuen de manera diferent en funció de les característiques dels materials que les formen i de la llum que els hi arriba. En aquest punt ens aturem a analitzar com són els **materials i acabats** de les superfícies de l'espai i les seves repercussions en la imatge visual que ofereixen els espais d'accés. Els materials tenen unes propietats òptiques degudes al seu color, textura i acabat, però també tenen evocacions tàctils i altres connotacions estètiques, com descriu Franco Fonatti: [...] *En la percepción del "fluir" entre espacio interior y el espacio exterior no sólo son decisivas las transiciones visuales, sino, entre otras, también las táctiles, es decir, que la vivencia de la transición esté significativamente representada por la elección de los diversos materiales [...]*<sup>120</sup>

<sup>120</sup> Fonatti, F. Principios elementales de la forma en arquitectura

Fonatti fa esment de la transició visual en passar de l'exterior a l'interior, i afegeix les sensacions que els materials confereixen a l'espai, ja que a més de l'aspecte purament visual, els materials evocuen sensacions com calidesa, fredor, aspresa, suavitat, etc. També existeixen altres connexions psicològiques entre determinats materials i alguns conceptes com el luxe, la higiene, la modernitat o altres, que van més enllà de les seves propietats sensorials.

En l'elecció dels materials distingim entre els que s'utilitzen al terra, les parets i el sostre, situats en zones amb diferent sensibilitat i jerarquia dins el camp visual. En tractar sobre la forma de l'espai hem vist que la proporció dels diferents plans dins l'escena visual depèn d'aspectes geomètrics, fent que existeixin superfícies més visibles que altres. El paviment, per exemple, sempre està molt present dins l'escena visual, per posició i perquè en caminar es sol inclinar lleugerament la vista cap al terra. En canvi, el sostre passa desapercebut a no ser que hi hagi algun element destacable que desviï la mirada cap a dalt. A la posició intermèdia es situen les superfícies verticals, que sempre tenen protagonisme en major o menor mesura depenent de la forma de l'espai. Per cada una d'aquestes superfícies s'han definit cinc aspectes referents al material: el nom, l'estructura material per cada zona del camp visual, la tonalitat i valor del color i el tipus de reflexió.

El **nom** del material informa sobre la seva naturalesa. Amb el nom és possible fer-se una idea de l'aspecte d'una superfície sense la necessitat de recórrer a altres tipus de definicions. Per exemple, si es diu que un sostre és de fusta de faig, més o menys tothom tindrà clar que es tracta d'una fusta clara amb poques vetes. Però sovint el nom per si sol no aporta suficient informació, i aleshores cal afegir altres descripcions com el tipus d'acabat. En el cas de la fusta caldria dir si és un acabat mat o brillant, ja que el comportament lumínic en cada cas serà diferent. Per això s'ha afegit el **tipus de reflexió** com un altre aspecte per definir el material.



**Figura 197:** vestibuls amb paviments amb diferent acabat: a l'esquerra, paviment polit amb reflexió especular (Centre Cívic Llevant a Reus); a la dreta, paviment mat amb reflexió difusa (Seu COAC a Tarragona)

La reflexió dels materials pot ser especular, difusa o mixta, i en cada cas l'aspecte de la superfície i l'espai serà diferent. Si la superfície té un acabat molt especular es poden produir reflexos directes i un efecte pertorbador per part de les fonts de llum, encara que no arribin a enlluernar. A més, les superfícies especulars transformen l'espai de manera que l'expandeixen, lateralment o en vertical, depenent d'on estiguin situades. Aquestes superfícies adopten la lluminositat de les superfícies adjacents, sobre tot quan el que reflecteixen són obertures o superfícies molt clares, i d'aquesta manera la perifèria de l'escena esdevé més lluminosa i ajuda

la transició visual<sup>121</sup>. Quan una superfície especular reflecteix la visió de l'exterior, els nivells de luminància percebuts s'aproximen als de d'exterior i són superiors als de les superfícies interiors. Si l'acabat és mat aquest efecte no es produeix (figura 197).

La superfície especular per excel·lència és l'aigua en repòs. Alguns espais incorporen petites làmines com a material que actua reflectint les superfícies adjacents, com l'accés al Ministeri d'Afers Exteriors a Brasília (figura 117) que hem vist al Capítol 6. Amb aquestes superfícies l'espai es reflecteix com si fos un mirall i dobla la dimensió en alçada. A més, quan l'aigua està en moviment i reflecteix la llum directa es projecten taques de llum a les superfícies del voltant creant un efecte estètic.

A més del tipus d'acabat, els materials es caracteritzen pel seu color: **tonalitat** i **valor**. D'una manera immediata, quan més baix és el valor, més fosc es veu, i si el valor és alt, el color és més clar, ja que representa la quantitat de pigment negre que conté el color. Però per valorar la lluminositat o fosc d'un color és indispensable conèixer la tonalitat, ja que la lluminositat de colors amb valors iguals però tonalitats diferents pot no ser percebuda de la mateixa manera. En tractar la percepció de lluminositat al Capítol 8, s'ha descrit un treball experimental que es va dur a terme en relació a aquest tema, i que es troba descrit a l'Annex III d'aquesta tesi.



**Figura 198:** imatges dels espais avaluats lumínicament i descrits a l'Annex III

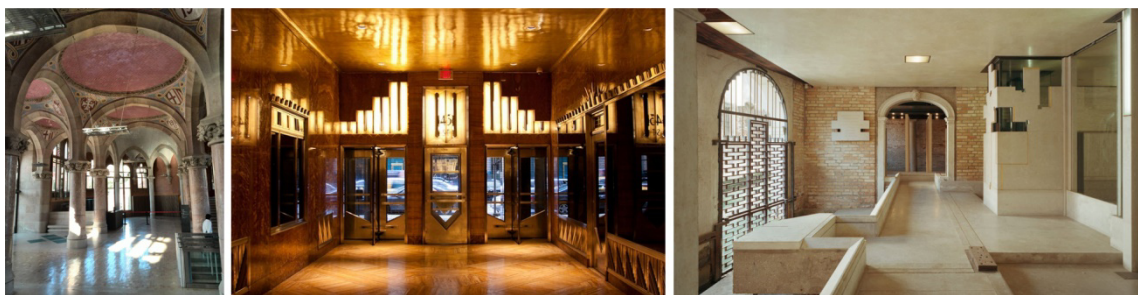
El treball va consistir en comparar la percepció de lluminositat d'espais pintats de diferents colors amb un valor similar i diferent tonalitat (figura 198). Els valors de luminància de les parets (a 1.6 m d'alçada) mesurats durant l'experiment van donar entre 81.5 i 164 cd/m<sup>2</sup>, per tant es va dur a terme en condicions de visió fotòpica. El resultat va confirmar que, de les tres tonalitats emprades en els espais (groc, blau i gris), el groc va donar en general més impressió de lluminositat. No obstant, el seu efecte va resultar ser de curta durada, ja que la valoració dels espais passat un parell de minuts va canviar lleugerament a favor de la resta de colors. La prova es va realitzar primer amb els tres espais sota les mateixes condicions lumíniques, i posteriorment enfosquint algun dels tres espais, i en tots els casos el groc va ser percebut com a més lluminós. L'excepció va ser quan es va enfosquir l'espai groc, on la valoració de lluminositat va estar d'acord amb la luminància de l'espai. Val a dir que l'espai gris, amb un valor de luminància relativament alt, rarament va ser percebut com a lluminós excepte quan va ser específicament el més il·luminat. En general, va predominar la percepció que aquest espai era el més apagat, tot i que la majoria de vegades no era així. L'explicació d'aquest efecte rau en la corba de sensibilitat de l'ull humà (figura 13, punt 1.3), on els tons grocs s'aproximen a la zona de major sensibilitat mentre que les tonalitats blavoses se li allunyen.

---

<sup>121</sup> Michel, L. Light: the shape of space: designing with space and light. P. 45

L'efecte de colors com el groc analitzat pot ser utilitzat en dissenyar els espais de transició, ja que l'efecte que produeix aquest groc en concret o tonalitats properes a aquesta, és un augment de la sensació de lluminositat. Si aquestes tonalitats s'utilitzen en els espais d'accés, tot i tenir un efecte efímer, poden estimular suficientment la retina per visualitzar una escena més lluminosa del què és en realitat i facilitar l'adaptació visual cap a l'interior. No obstant, quan analitzem els efectes del color en l'espai cal contemplar l'existència del contrast simultani i successiu. El contrast simultani és important durant el recorregut, però sobre tot ho és en escenes estàtiques. El contrast successiu té repercussió especialment durant el recorregut, si existeix una variació de tonalitats en el seu decurs. Per exemple, dissenyar un recorregut amb una tonalitat determinada, com el vermell al temple de l'aigua de l'illa d'Awaji (figura 159) sortint d'un entorn verd de vegetació, fa que el vermell es vegi més intens degut a la postimatge retiniana que genera el verd. La utilització de tonalitats que generin postimatges de colors propers al groc o el verd (tons blau o magenta) podria afavorir la percepció de lluminositat de materials amb aquestes tonalitats. A més, l'ús del color en un recorregut pot servir per facilitar l'adaptació mitjançant una transició gradual que tregui partit de la diferent percepció de lluminositat de cada tonalitat.

A partir dels materials utilitzats com acabat de les superfícies ens podem fer una idea de l'**estructura material** de cada zona del camp visual. Aquest aspecte fa referència a l'homogeneïtat o heterogeneïtat d'una zona en quant al nombre de materials utilitzats. Per exemple, un paviment format per un sol tipus de material té una estructura homogènia i el seu aspecte correspondrà exclusivament al d'aquest material. En general, paviments i sostres acostumen a estar resolts de manera homogènia, amb un sol tipus de material. En canvi, les superfícies verticals solen ser més heterogènies. En aquests plans hi ha més quantitat d'informació perquè es troben al centre del camp visual, hi ha més elements i són més fàcils de veure degut a la seva posició (a diferència del paviment i el sostre poden ser vistos frontalment). El que succeeix és similar al què s'ha explicat anteriorment sobre l'escena visual urbana mediterrània, on les dues zones situades als extrems eren més homogènies en lluminositats i la zona central ho era molt menys. Però a diferència del cas de l'escena urbana, les escenes interiors poden contenir fonts de llum en els plans verticals, fet que cal tenir en compte.



**Figura 199:** vestíbuls de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (1913, J. Domènech i Montaner), del Chrysler Building (1930, W. Van Allen) i de la Fondazione Querini Stampalia (1963, C. Scarpa)

A efectes de la visió, la lluminositat d'una superfície homogènia recau en les característiques del material del què està feta, mentre que en una superfície heterogènia caldrà veure més amb detall la seva textura, la dimensió del gra, etcètera, com a les figures de la figura 199, on l'estructura material no recau en un sol material. El vestíbul de l'Hospital de Sant Pau està

format per un espai diàfan amb columnes a través del qual es pot veure l'exterior. El terra és molt uniforme i gairebé especular, i la seva imatge està esquitxada de taques de sol que entren per les obertures de l'espai. El sostre, tot i tenir un únic material a les voltes, és complex i està profusament decorat. Al vestíbul del Chrysler Building, la decoració també juga un paper fonamental, ja que moltes de les superfícies estan recobertes de pintures *art déco*, i la resta està revestida amb materials especulars i luminàries decoratives. Si bé hi ha una unitat cromàtica càlida, els materials emprats són diferents. Al tercer cas, la Fondazione Querini Stampalia, Carlo Scarpa utilitza diferents materials, però poc contrastats entre si. L'estuc, el marbre, la pedra polida, el ferro, la ceràmica, corresponen a una família cromàtica de materials que combinen sense contrastar excessivament. En aquest cas l'estructura material és complexa, però l'aspecte que ofereixen és homogeni degut, entre altres coses, a la semblança i poca saturació dels colors.

L'últim aspecte relacionat amb l'aspecte de les superfícies és la **continuitat visual** amb l'exterior o l'interior. Tot i no tractar-se estrictament del tractament d'una superfície, la continuïtat visual fa que els espais contigus entrin a formar part de l'escena visual en substitució de les parets de tancament. La conseqüència d'aquesta continuïtat és la que s'ha explicat al Capítol 8, referent al coneixement de les condicions lumíniques dels espais adjacents. Ja sigui informació temporal o atmosfèrica, en el cas de la visió de l'exterior, o la acomodació de la vista en el cas d'espais que proporcionen distàncies llargues.



**Figura 200:** entrada a la Ricarda (1963, A. Bonet Castellana), marquesina al parc Ibirapuera (1954, O. Niemeyer), vista des del vestíbul del Museu de Castelvecchio de Verona (1974, C. Scarpa)

A la figura 200 veiem com l'entrada a la Ricarda té un pati situat just davant de la porta d'entrada que facilita la visió de l'exterior des de dins la casa. A més, com que la façana d'entrada també és transparent, el conjunt de pati, cel i jardí formen part de l'espai i de l'escena visual, creant un perímetre clar i un sostre amb visió directa del cel. En aquesta casa contrasta el blanc utilitzat a l'interior del vestíbul amb l'entorn de tonalitats verdes provinents de la vegetació i que atenuen la incidència de llum directa i l'enlluernament per contrast. A Ibirapuera, l'espai que queda entre el paviment i la potent marquesina està ocupat visualment pel parc i la seva vegetació. Això crea una escena visual amb una zona central molt més lluminosa que les parts superior i inferior, bastant més fosques. L'espai és ombrívol, però el seu perímetre és lluminós i ens regala la visió del parc. En el cas del Museu de Castelvecchio, la continuïtat visual es produeix amb l'interior. La zona d'entrada està connectada visualment amb la successió d'espais interiors que conformen la primera part del recorregut del museu. El tractament de la llum i els materials en els espais consecutius és semblant al de l'entrada, i aquesta visió es fon en el mur que separa la zona d'entrada de la resta del museu.

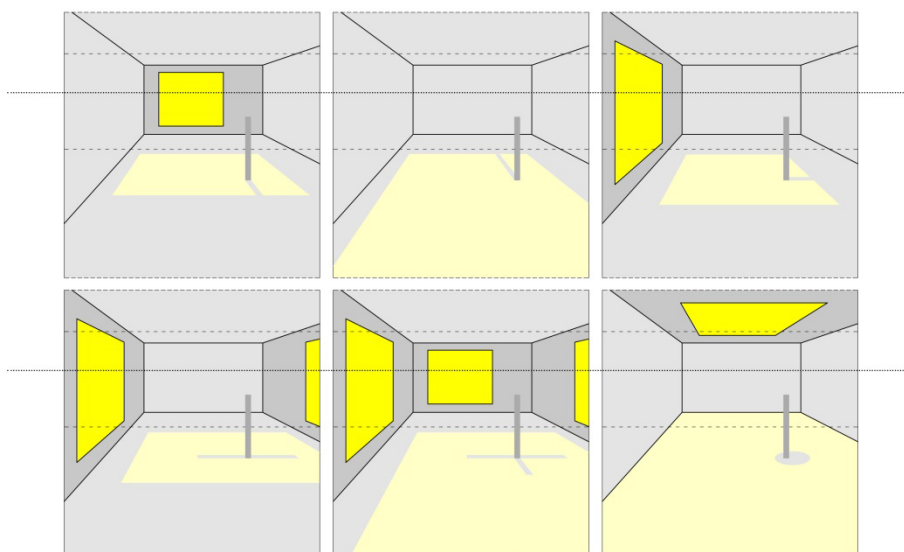


### 9.2.3 La llum incident

Així com els materials i colors de les superfícies de l'espai determinen el seu aspecte, la llum és l'energia que necessiten per ser visibles. De fet, la llum té la capacitat de transformar l'aparença dels espais i les coses, com es fa portant-la al límit en il·luminació escènica. En aquesta tesi, lluny dels efectes espectaculars de la llum, ens centrem en la seva influència en la visió dels espais d'accés a l'arquitectura i les seves superfícies. La situació lumínica d'estudi és un moment d'alta radiació, les hores properes al migdia solar en el solstici d'estiu. Per això, es parteix de la base que l'espai d'accés pot estar il·luminat de manera natural, tot i que existeixi el suport de la llum artificial.

Els aspectes referents al disseny de la llum que són susceptibles de modificar les escenes visuals en els espais de transició es refereixen a la seva procedència, les característiques de la font i el grau de difusió. Aquests aspectes intervenen en diferent mesura en la visió durant el recorregut i en el propi espai.

El primer aspecte fa referència a la **procedència** de la llum. En concret cal distingir entre la procedència en planta i en secció, i també esmentar la manera com està composta, en cas d'haver-hi una composició clara. En **planta**, es pren com a referència la posició i direcció de moviment de l'observador. Així, la llum pot venir del seu davant, del darrere, d'un lateral o dos, de tots costats o d'enlloc. Les escenes visuals generades en cada cas són diferents (figura 201).

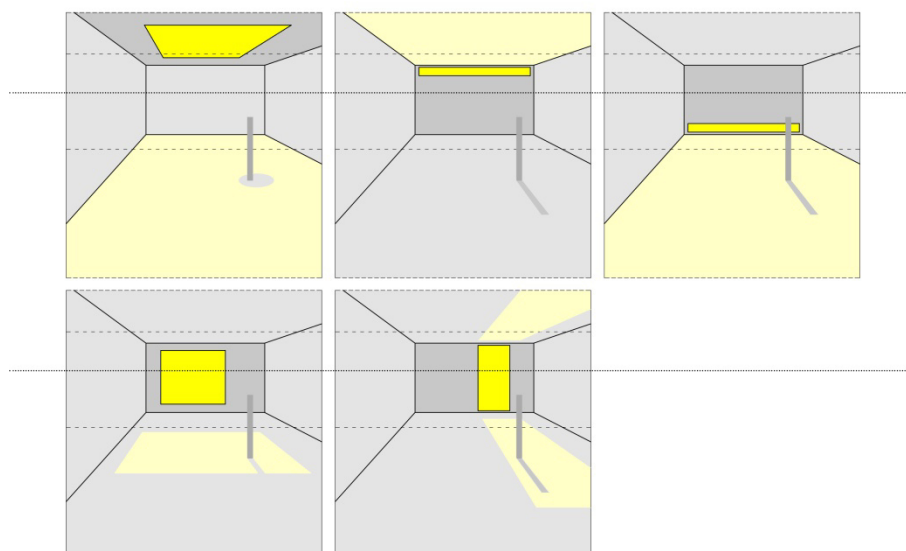


**Figura 201:** procedència de la llum en planta (frontal, posterior, un lateral, dos laterals, global i inexistent)

Si l'entrada de llum és frontal, es pot generar un contrallum que impedeixi veure les superfícies del voltant de manera correcta, com succeeix als vestíbuls de la figura 156. Si això passa, caldrà combinar aquesta entrada de llum amb altres procedents d'altres llocs o filtrar-la per disminuir el contrast. Quan l'entrada de llum queda darrere de l'observador, la direcció i sentit de la llum són els mateixos de la seva vista. Les superfícies situades davant rebran la llum procedent de l'exterior i seran les més il·luminoses. Generalment, la procedència de la llum és combinada i no existeix una única entrada que generi un contrast tan fort, a no ser que es busqui específicament aquest efecte.

En el cas de llums laterals no hi ha contrallum. Quan es així, la font queda fora de la vista i el què es percep és la llum reflectida per les superfícies. La diferència entre la llum provinent d'un o dos laterals rau en el tipus d'ombres que es generen, ja que amb un lateral les ombres estan més marcades en un sentit, i amb dos laterals el modelat estarà més equilibrat. Però l'homogeneïtat més absoluta es produeix en espais on l'entrada de llum és global o bé inexistent. Quan és global, les obertures estan situades en tot el perímetre de l'espai, i l'escena visual està il·luminada de manera que rep una quantitat de llum similar a totes les seves superfícies. L'escena visual és semblant a la que descrivíem en un espai compost amb plans horitzontals o amb continuïtat visual amb l'exterior. Quan és inexistent en planta, la llum prové exclusivament del sostre. En un clima amb predomini de cels clars com el mediterrani, és molt probable que el sol directe entri dins l'espai i incideixi directament sobre les superfícies si no es posa cura en dissenyar l'entrada de llum. En aquest cas, la lluminositat que es pot assolir als paviments és força alta i aquests poden actuar reflectint la llum cap a tot l'espai.

Paral·lelament a la procedència en planta de la llum, és important conèixer la seva procedència en **secció**. Amb aquest aspecte de disseny, es defineix si la llum queda per sobre, per sota o a l'alçada de la vista prenent com a referència l'alçada d'un observador (figura 202).



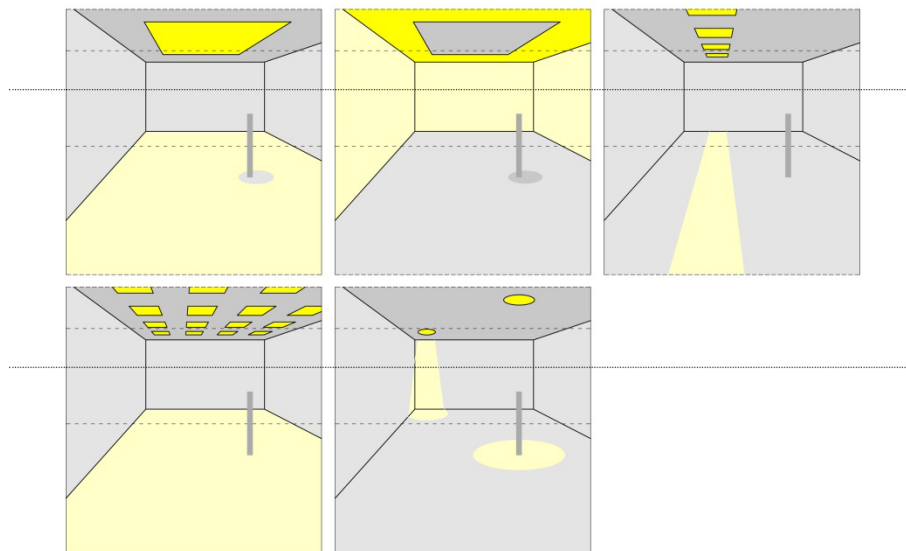
**Figura 202:** procedència de la llum en secció (zenital, superior, inferior, central, general)

Quan la font de llum queda per sobre, pot ser degut a dos motius: que l'entrada de llum es trobi en el pla vertical amb finestres altes, o bé en el pla horitzontal, amb una entrada zenital. L'efecte sobre l'escena visual en cada cas és diferent. Les finestres altes il·luminen el sostre i poden arribar a quedar dins el nostre camp visual, al mateix temps que concentren la llum a la part superior de l'escena i fan que la part inferior sigui menys lluminosa en general. Si la llum és zenital, l'efecte és diferent perquè actua com la llum a l'exterior: cau de dalt a baix i fa que el paviment estigui molt il·luminat. En aquest cas es generen escenes molt clares, i també força contrastades, ja que les superfícies verticals interiors poden estar al sol o a l'ombra, total o parcialment, com passa a l'exterior. El cas oposat és el de la llum que prové de sota la línia de visió. Aquest tipus de llum incideix sobre tot en el paviment que, si és molt clar difondrà la llum per tot l'espai, però si és fosc generarà una escena amb una llum molt concentrada a la zona inferior. Quan la llum prové d'obertures situades arran de terra, el material del paviment



exterior té una gran influència en l'aspecte de l'interior, ja que es veu directament i a més reflecteix la llum aportant-li una tonalitat determinada o fent-ho en major o menor intensitat. Si hi ha la possibilitat d'intervenir a l'exterior, el disseny d'aquesta superfície serà molt important per la visió interior. Entre les dues situacions esmentades hi hauria la resta, on les obertures estan o bé repartides per la part central dels paraments verticals, o bé disposades de terra a sostre. El repartiment de la llum dins l'escena en cada cas també és diferent. Bàsicament, quan les obertures són de terra a sostre, aquestes dues superfícies s'il·luminen de manera més general. Això fa que la zona perifèrica de l'escena visual sigui més lluminosa del que seria si les obertures no arribessin de terra a sostre.

L'últim aspecte referent a la procedència de la llum és la seva **composició**. Es considera que els espais poden estar il·luminats de manera central, perifèrica, lineal, regular o irregular, segons la disposició de les fonts de llum (figura 203). Aquestes són algunes de les disposicions més habituals, però n'hi poden haver d'altres.



**Figura 203:** composició de la il·luminació (central, perifèrica, lineal, regular i irregular)

Els espais on la llum està situada a la part central tenen la lluminositat principalment en el paviment, mentre que per contrast el sostre i les parets es veuen més foscos. Si la composició és perifèrica, les superfícies més il·luminades són les parets i la part més pròxima del paviment i el sostre. Amb una il·luminació central, l'escena té major lluminositat a la part inferior, mentre que amb una llum perifèrica es troba concentrada a la part central. Un altre recurs consisteix en situar la llum de manera lineal. Habitualment, aquesta línia segueix la forma d'algun element arquitectònic o un recorregut definit. Depenent d'altres aspectes com la posició de la font o difusió de la llum, l'escena visual serà d'una manera o altra. Altres maneres d'il·luminar l'espai de transició són de manera regular o irregular. Quan la disposició és regular, la llum és com una catifa que banya el paviment i les parets de manera uniforme. Entenent que la llum prové de la part superior, l'escena visual consistiria en una zona central i inferior més lluminoses, i un sostre amb un valor menor, depenent del tipus de font. Si la disposició és irregular, la composició es pot regir per les particularitats de l'arquitectura, per la necessitat de llum en diferents punts de l'espai, o en remarcar determinades zones, per exemple.

A banda dels aspectes posicionals, la llum pot tenir diferent intensitat depenent d'aspectes referents a la **font**. En llum natural, aquesta intensitat es valora segons el nombre d'obertures. Quant més gran sigui la proporció d'obertures, l'escena visual més s'assimilarà a exterior. Això pot ser un avantatge, perquè es poden crear espais interiors amb superfícies lluminoses, però menys que les de l'exterior, situant-se a mig camí i facilitant l'adaptació visual. Si les obertures són poques, l'espai estarà il·luminat de manera parcial com el de la figura 204 (dreta). La posició de les obertures respecte la seva orientació és molt important i determina l'accés de radiació directa. Degut al canvi de posició del sol, algunes orientacions tindran radiació directa i altres no. A la nostra latitud (al voltant dels 41°N), l'orientació nord no rep radiació directa mentre que la resta sí. Entre una orientació sud i la resta, la diferència rau en la inclinació del sol, que fa que a llevant i ponent la llum del sol penetri a més profunditat de l'espai. També depenent de l'orientació, el color de la llum és diferent, com es pot veure a la nau lateral i el transepte de la Catedral de Chartres (figura 204, esquerra). Ja hem vist que aquesta és variable depenent de l'hora del dia, més freda a les hores centrals del dia i més càlida a l'albada i el capvespre.



**Figura 204:** diferents qualitats de la llum segons orientació a la Catedral de Chartres i il·luminació d'un espai de pas mitjançant un component de pas lateral

La presència del sol segons l'orientació influeix en el **grau de difusió** de la llum. Però la llum també es pot difondre mitjançant altres recursos, com modificant l'**aparença de la font**. Existeixen diferents graus de difusió de la llum segons el repartiment entre llum directa i indirecta. A les escenes amb més percentatge de llum indirecta l'aspecte és menys contrastat i hi ha un repartiment més homogeni de la llum. En entorns com el mediterrani, amb una llum molt potent, els mecanismes que generen una llum indirecta a partir de la llum natural creen una escena més adaptada al salt entre l'exterior i l'interior. Amb llums indirectes els contrastos són més suaus i la llum està més repartida. Amb llums directes, l'escena està més contrastada entre sol i ombra i la llum es concentra en determinades parts de l'espai. Tot i això, l'efecte de les taques de llum dins l'espai es valora de manera positiva, ja que no causen molèstia visual.

*Els aspectes de disseny no permeten fer una definició unívoca de com serà una escena visual, ja que estan relacionats entre ells. Dissenyar un espai que faciliti l'adaptació visual es presenta com un exercici on cal combinar diferents estratègies per aconseguir la imatge desitjada i ser conscients de les repercussions de cada decisió de disseny en la visió i l'aparença final de l'espai.*

### 9.3. Síntesi i recomanacions finals

*You are in the right track when your solution for one problem accidentally solves general others*<sup>122</sup>

Tot aquell que algun cop hagi dissenyat alguna cosa s'haurà adonat que és una activitat molt estimulante i de vegades sorprenent: durant el procés de creació un imagina quin aspecte tindrà el què està dissenyant i un cop executat, es constata en quina mesura el resultat es correspon amb la idea. Molts cops l'autor es sorprèn en veure que hi ha efectes que no estaven previstos i són conseqüència de les decisions que s'han pres. El disseny arquitectònic no és una excepció. La creació d'espais no es limita al dibuix i la volumetria que s'han dibuixat en un paper, sinó que la seva materialització i la situació en un context físic converteix els espais en objectes que canvien segons la llum de cada moment, aportant matisos que potser no s'havien previst d'entrada.



**Figura 205:** entrada de l'Hotel Davall Plaça a Capafonts (2007, J. López)

Quan es dissenya un espai per donar accés a un edifici, els aspectes que cal tenir en compte per obtenir un resultat que faciliti l'adaptació visual i li aportï qualitat es basen principalment en la manera com estarà il·luminat, els materials que s'utilitzaran com acabats superficials i la forma que tindrà l'espai. Aquests tres aspectes estan totalment relacionats entre ells i s'han de pensar en paral·lel, ja que les decisions d'un poden afectar l'altre. Com s'ha anat dient, l'adaptació visual és el tema clau en aquest tipus d'espais, sobre tot si estan situats en un context com el clima mediterrani, on els elevats nivells de radiació a l'exterior contrasten amb la foscor relativa de l'interior dels edificis.

Preveure com serà la transició cap a l'interior és pensar en les escenes visuals que es donaran durant el recorregut. A l'inici del recorregut, a l'exterior, l'escena és molt lluminosa, sobretot en comparació amb la interior. Aconseguir una lluminositat intermèdia que faciliti l'adaptació dependrà, entre altres coses, de la **quantitat de llum que arriba a les seves superfícies**. Una manera de controlar la quantitat de llum que els arriba és dissenyant la dimensió i posició de les obertures. La posició és important perquè finestres iguals situades en punts diferents produiran resultats visualment diversos, degut especialment a la seva posició en relació amb el punt d'observació. A més, la posició estableix l'orientació d'on ve la llum, definint el seu color i grau de difusió. Com a síntesi, cal aportar una quantitat suficientment gran de llum a l'espai d'accés, de manera que sigui superior a la de l'interior, però amb cura d'il·luminar superfícies de manera estratègica.

---

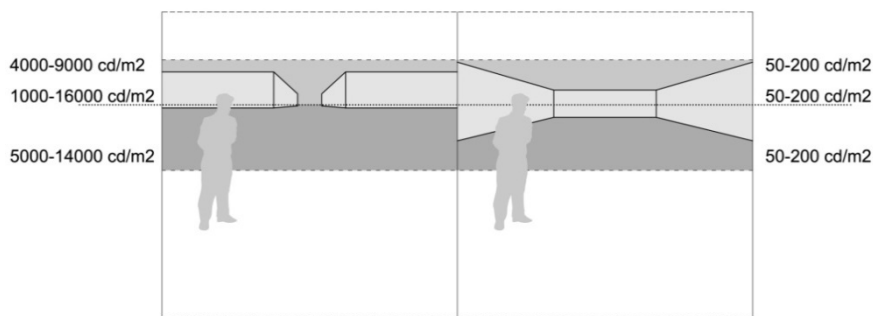
<sup>122</sup> Corbett J., Corbett M. Designing sustainable communities: learning from Village Homes, citat a: Guzowski, M. Daylighting for sustainable design

Per reforçar la lluminositat de les superfícies es pot treure partit de les propietats òptiques dels **materials**. Segons el seu color i acabat és possible augmentar la sensació de lluminositat de l'espai sense necessitat d'una aportació lumínica addicional. L'elecció de colors propers a la zona de màxima sensibilitat de l'ull, o de materials molt polits, tendint a especulars, fa que l'espai sembli més lluminós del que és en realitat i aporta amplitud multiplicant les superfícies lluminoses al llarg de l'espai. Aquest fet, en un espai on convé que hi hagi un descens gradual de lluminositat, és positiu. Paral·lelament, la visió de l'exterior aporta llum a l'espai d'accés i genera una superfície virtual molt clara que funciona com una superfície més.

El tercer punt que intervé en millorar l'adaptació visual dels espais d'accés és la **forma de l'espai**. Si bé la forma no interacciona de forma directa en la quantitat de llum i l'aspecte de les superfícies, sí que té a veure amb la composició de l'escena visual. D'aquesta manera, depenent de la forma, un espai estarà dominat per la visió del paviment o de les parets, i rarament per la visió del sostre. Com hem dit abans, aquest aspecte està totalment relacionat amb els anteriors, llum i material, perquè es poden assignar diferents propietats a cada una de les superfícies esmentades.

Com que en definitiva es tracta de dissenyar escenes visuals, es poden fer algunes consideracions sobre com hauria de ser cada zona per facilitar l'adaptació entre l'exterior i l'interior:

- La part superior de l'escena (el sostre) és la menys transcendent dins l'escena visual, perquè és poc visible i no té una lluminositat tan gran com la resta de zones. L'exterior i l'interior tenen una lluminositat molt diferent, però té una posició perifèrica dins el camp visual.
- La zona central de l'escena (les parets) normalment acapara el protagonisme, però en quina mesura ho fa depèn de la forma de l'espai. Entre l'exterior situat a ple sol i un interior il·luminat de manera normal existeix una gran diferència de lluminositat, per això la incorporació d'ombres contribueix a que el salt que es produeix no sigui tan gran.
- La part inferior de l'escena (el paviment) ha resultat tenir un protagonisme major de l'esperat. Mentre circulem acapara bona part de la nostra atenció, i la resta del temps ocupa una bona part del camp visual. Per això, intervenir en aquesta superfície pot tenir molts avantatges per millorar la visió en l'espai. La introducció d'ombres en aquesta zona és positiu per disminuir sensiblement la lluminositat de l'escena en entrar a un edifici.



**Figura 206:** escena visual exterior i interior amb valors de lluminància de cada una de les zones

En definitiva, com a recomanacions generals cal dir que el disseny de l'espai ha de contemplar una intervenció important en el paviment, amb la llum que hi arriba i els materials utilitzats. En canvi, el pes del sostre, més enllà de funcionar com difusor de la llum, tindrà menys repercussió. Una altra estratègia consisteix en la creació d'ombres en el recorregut previ a l'entrada. En aquest sentit, els espais articulats com porxos, patis i demès tenen un bon funcionament controlant la quantitat de llum que arriba a les superfícies. Per últim, el poder dels materials en la visió de l'espai és fonamental. Escollir un color o un determinat acabat pot ajudar a generar escenes que facilitin la transició visual entre exterior i interior.

*L'estudi dels espais de transició, el seu aspecte lumínic, els trets formals i tot el què s'ha anat veient en aquesta tesi no pretén establir unes normes que s'hagin de seguir obligatòriament a l'hora de dissenyar-los, sinó que tenen la voluntat de proporcionar dades de diferent caire amb la intenció d'aportar llum al coneixement d'aquest tipus d'espais i els factors que intervenen en la seva qualitat visual.*

## CONCLUSIONS





A l'inici d'aquesta tesi es va plantejar un objectiu principal basat en una sèrie d'hipòtesis. Aquest objectiu consistia en destacar la capacitat dels espais d'accés a l'arquitectura per fer front a l'adaptació visual entre situacions lumíniques molt diferents, com succeeix especialment a l'àmbit mediterrani. Les hipòtesis afirmaven que aquests espais tenen una funció ambiental important i un paper destacat per influir en la visió dels seus usuaris, i que això es pot dur a terme mitjançant un disseny adequat de l'espai i la llum. Un cop finalitzat el procés d'anàlisi, estudi i redacció de la tesi, es pot afirmar que l'objectiu principal s'ha assolit.

També es plantejaven uns objectius paral·lels, relacionats amb la qualitat visual en un moment i un context determinat. En base a aquests objectius i a l'objectiu principal, s'han tret una sèrie de conclusions que es mostren a continuació agrupats per temes.

- **Aparença de l'entorn visual mediterrani**

L'aspecte de l'entorn urbà a l'àmbit mediterrani es va analitzar per mitjà de l'estudi de les escenes visuals urbanes i la luminància de les seves parts. Per fer-ho es va dividir l'escena en tres parts segons la seva posició (paviment, façanes i cel). La proporció de cada una d'aquestes parts dins l'escena visual depèn de les característiques del teixit urbà, però es pot afirmar que en la majoria de casos el paviment és la part més visible de les escenes urbanes juntament amb les façanes, mentre que el cel normalment queda fora de visió.

En termes de lluminositat, la volta del cel i el paviment van resultar les zones més homogènies de l'escena. En canvi, a la zona on es troben les façanes es van mesurar valors més variables, ja que conté més quantitat d'informació.

En termes absoluts, a la zona de les façanes es van mesurar els valors més alts i més baixos de l'escena, però de mitjana va resultar menys lluminosa que el cel i el paviment. Els valors obtinguts mitjançant l'anàlisi van donar en quasi tots els casos estudiats un patró en forma de C pel que fa al repartiment de la llum, amb els extrems inferior i superior amb valors mitjans més alts que la part central de l'escena. La distribució de la desviació estàndard i el contrast espacial segueixen el mateix esquema.

- **Forma dels espais d'accés**

En primer lloc es constata la manca d'informació específica sobre aquests espais. Salvant algunes excepcions, hi ha poques dades sobre la manera d'entrar als edificis, pel que fa als seus espais i la posició respecte l'entorn.

També s'ha comprovat, a partir de l'anàlisi de diferents exemples, que els espais d'accés no compten amb uns trets formals específics. Dels exemples estudiats s'extreu que poden tenir diferents formes, diferent tipus de llum i estar fets de diferents materials.

- **Definició de la qualitat visual dels espais d'accés**

Després d'analitzar els aspectes que intervenen en la qualitat visual d'un espai d'accés i els valors de lluminositat de l'escena exterior, s'ha comprovat que en un entorn com el mediterrani l'adaptació visual és l'aspecte més important.

A partir de l'estudi del procés d'adaptació a la foscor, s'ha comprovat que la luminància és el paràmetre que millor explica la visió d'un espai en aquesta situació, i que per fer-ho cal tenir en compte la lluminositat de les escenes durant el recorregut d'entrada.

- **Repercussions del disseny dels espais d'accés en la seva qualitat visual**

L'anàlisi dels aspectes de disseny relacionats amb els definidors de la qualitat visual de l'espai han mostrat que les decisions de projecte tenen diferent pes pel que fa a les seves repercussions visuals.

També és diferent la repercussió de les decisions de disseny de terra, parets i sostre en la visió de l'espai. En termes generals, s'ha comprovat que la capacitat que tenen aquestes superfícies d'alterar la qualitat visual d'un espai disminueix de terra a sostre. Dins l'escena, el paviment és la superfície més visible seguida de les parets, i en últim terme el sostre, que molts cops ni tan sols es veu.

L'adaptació visual a un interior més fosc es pot millorar mitjançant les següents estratègies: la creació d'una transició gradual de lluminositats, la introducció d'ombres durant el recorregut d'entrada i la utilització de materials que augmentin la percepció de lluminositat espacial.

La utilització d'espais articulats a l'entrada dels edificis és una de les decisions de disseny que contribueix a crear una transició gradual, i a més, permet allargar el recorregut proporcionant més temps per adaptar-nos a la foscor.

La introducció de superfícies amb llum directa o en ombra varia la composició de l'escena visual i la seva lluminositat. A més, cal tenir en compte que introduir obertures dins el camp visual de l'observador en un clima com el mediterrani pot anar a favor o en contra de la visió de l'interior depenent de la seva ubicació, degut a la direccionalitat de la llum en aquest clima.

També s'ha demostrat que determinats colors faciliten una percepció de lluminositat espacial major de la que en teoria els correspondria. El tipus d'acabat del material també és un factor important.

Gràcies a la capacitat de millorar l'adaptació visual dels usuaris, el disseny dels espais de pas permet disminuir la demanda energètica per enllumenat artificial destinada a salvar aquest salt entre l'exterior i l'interior.

### **Futures línies d'investigació**

L'extensió limitada d'una tesi deixa tasques plantejades i sense desenvolupar, per dur a terme en posteriors investigacions. Entre aquestes, es planteja:

- Ampliar el treball realitzat amb els mesuraments a l'exterior i interior amb més casos d'estudi.
- Comparar els valors obtinguts durant l'estiu amb cel clar, amb altres situacions atmosfèriques o èpoques de l'any.
- Aprofundir més en les capacitats del color per transformar la percepció dels espais, mitjançant l'experimentació amb altres tonalitats o espais reals.
- Incidir en termes com el contrast successiu en recorreguts de color.
- Investigar més a fons la relació entre determinats aspectes de disseny i les seves conseqüències en la qualitat visual dels espais d'accés, mitjançant anàlisi de casos reals o simulació.
- Analitzar més casos reals d'espais d'accés interessants des d'un punt de vista formal i comprovar el seu comportament lumínic al llarg d'una seqüència temporal.

### **Per acabar...**

*El camí recorregut en aquesta tesi va iniciar amb l'anàlisi d'aspectes molt genèrics i ha acabat amb la definició d'aspectes molt concrets sobre què són i com són els espais d'accés a l'arquitectura. Durant tot el trajecte s'han estudiat des de diferents perspectives, funcionals, formals i visuals. La relació amb la llum mediterrània no era un tema aliè, ja que l'arquitectura serveix, entre altres coses, per aixopugar d'aquest torrent de llum mitjançant espais protegits del sol. El recorregut per accedir a aquests espais ha estat l'objecte d'aquesta tesi, que finalitza amb una última reflexió: reivindicar la dignitat de l'accés als edificis enfront de la banalització d'aquests espais.*



## LLISTAT DE FIGURES

Figura 1: connexió entre l'interior i l'exterior .....	7
Figura 2: espais de transició a la Chiesa S. Silvestro (Roma), casa (Arcos de la Frontera) i la Fundació Pilar i Joan Miró (Palma de Mallorca).....	8
Figura 3: espectre de radiació electromagnètica.....	22
Figura 4: relacions fotomètriques entre els paràmetres i unitats de mesura de la llum .....	23
Figura 5: diagrama explicatiu de la dispersió de la llum. Isaac Newton, <i>Optica</i> .....	25
Figura 6: representació dels colors segons Forsius i Goethe .....	26
Figura 7: representació dels colors segons Runge i Chevreul .....	26
Figura 8: representació del cercle de tonalitats dels sistemes de color Munsell, NCS i Ostwald.	27
Figura 9: taula 3 extreta del <i>El arte del Color</i> , J. Itten representant el cercle de 12 colors amb els colors primaris i secundaris .....	28
Figura 10: representació de les principals parts de l'ull humà.....	28
Figura 11: gràfica amb densitat de cons ( <i>cones</i> ) i bastons ( <i>rods</i> ) a la retina .....	29
Figura 12: corba d'adaptació a la foscor.....	30
Figura 13: corbes de sensibilitat de l'ull humà: visió fotòpica $V(\lambda)$ i escotòpica $V'(\lambda)$ .....	30
Figura 14: camp visual humà normalitzat en el pla horitzontal i vertical.....	31
Figura 15: camp visual d'un observador en moviment.....	32
Figura 16: registre de moviments sacàdics en observar <i>The unexpected visitor</i> (1883), figura 109 de Yarbus 1967. En cada cas es va demanar l'observació de la imatge durant 3 minuts seguint instruccions concretes. D'esquerra a dreta i de dalt a baix: imatge original, observació lliure, estimació de les circumstàncies familiars materials, estimació de les edats dels personatges, estimació de l'activitat de la família abans d'arribar el visitant, recordar la indumentària que porten els personatges, recordar les posicions de les persones i els objectes a l'habitació, estimació del temps que el visitant ha estat allunyat de la família.....	33
Figura 17: contorns en positiu i en negatiu al Museu Castelvecchio de Verona (1974, C. Scarpa), Palazzo della Ragione de Vicenza (1614, A. Palladio) i Villa Capra "La Rotonda" a Vicenza (1570, A. Palladio).....	35
Figura 18: il·lustració d'algunes de les lleis de la Gestalt: proximitat, semblança, direcció comú, continuïtat i simetria .....	36
Figura 19: taula 8 extreta de <i>El arte del Color</i> , J. Itten; Le Collier d'Ambre (1937, H. Matisse); edifici d'habitatges a Ceuta (2007, MGM Arquitectos) .....	37
Figura 20: taula 15 extreta de <i>El arte del color</i> , J. Itten, amb dotze passos equidistants entre el blanc i el negre a través de grisos; passadís a la casa Gilardi (1976, L. Barragán).....	37
Figura 21: taula 11 extreta de <i>El arte del color</i> , J. Itten; Plato con limones, cesta con naranjas y taza con una rosa (1633, F. de Zurbarán) .....	38
Figura 22: taula 20 extreta de <i>El arte del color</i> , J. Itten; detall de "La Belle Verrière" de Chartres; espai casa Gilardi (1976, L. Barragán).....	38
Figura 23: taula 29 extreta de <i>El arte del color</i> , J. Itten; Adorazione del Sacro Legno e Incontro di Salomone con la Regina di Saba (1466, P. della Francesca).....	38
Figura 24: figura elaborada a partir de les taules 31 i 35 de <i>El arte del color</i> , J. Itten, on els grisos en diagonal són iguals; Terrassa de cafè de nit (1888, V. van Gogh) .....	39

Figura 25: a dalt, taula extreta de <i>El arte del color</i> ; L'infant Jesús (1648, G. de la Tour); a baix, Animal Refuge Center, Amsterdam Osdorp (2007, Arons & Gelauff); École Jean Moulin, Bernay (2012, Prinvault Architectes) .....	39
Figura 26: taula 47 extreta de <i>El arte del color</i> , J. Itten; Paisatge amb la caiguda d'Ícar (1555, P. Brueghel the Elder).....	40
Figura 27: contrastos de color; d'esquerra a dreta i de dalt a baix: clar-fosc, cromàtic, intensitat, parpelleig o vibració (flicker), cromàtic-acromàtic, complementari, qualitat, simultani .....	40
Figura 28: fotogrames de la pel·lícula Das Cabinet des Dr Caligari (R. Wiene, 1920) .....	41
Figura 29: atri del Museu Guggenheim a Nova York (F.Ll.Wright).....	41
Figura 30: mapa de zones amb clima mediterrani al sud d'Europa i nord d'Àfrica.....	43
Figura 31: imatge de camps a la Provença i cases sobre l'Onyar a Girona .....	45
Figura 32: les zones d'una escena urbana, en perspectiva i en secció .....	46
Figura 33: gràfica de seccions i distàncies de visió dels edificis d'un teixit urbà. Les abscisses (x) representen les diferents distàncies de visió, amb salts de 5 m i les ordenades (y) l'alçada de l'edificació, amb plantes de 3 m d'alçada excepte la planta baixa, de 3.5 m. En gris, s'ha marcat la secció d'un edifici de PB+5 vist a 10 m de distància .....	47
Figura 34: a dalt, visions d'un edifici de PB+5 a distàncies separades 5 m; a baix, proporcions de la Zona 1 (gris fosc), Zona 2 (gris clar), i Zona 3 (gris mig), corresponents a la visió d'aquest edifici, situades dins la franja de distinció cromàtica del camp visual .....	47
Figura 35: distribució de luminàncies en el tipus de cel Clear Blue Sky .....	49
Figura 36: arquitectura tradicional del sud d'Espanya, Almanzora i Cabo de Gata (Almería).....	49
Figura 37: temples grecs a Segesta i Selinunte, Sicília .....	49
Figura 38: ombres projectades al paviment d'un carrer de Granada; ombres projectades a la façana d'una casa de Los Albaricoques, Almería .....	50
Figura 39: Banyalbufar, Mallorca. Carrer de Granada .....	50
Figura 40: Vista de Collioure (1905, H. Matisse); Barcos en Collioure (1905, A. Derain) .....	50
Figura 41: gràfica resum amb les 3 zones de l'escena urbana i els valors d'il·luminància $E$ (en escala logarítmica) mesurats a l'exterior dels diferents casos d'estudi descrits a l'Annex I. En gris, els valors al sol; en negre, els valors a l'ombra .....	53
Figura 42: gràfica resum amb les 3 zones de l'escena urbana i els valors de luminància $L$ (en escala logarítmica) mesurats a l'exterior dels diferents casos d'estudi descrits a l'Annex I. En gris, els valors al sol; en negre, els valors a l'ombra .....	53
Figura 43: gràfica de les imatges analitzades, amb els valors mitjans de luminància representats en gris i la desviació estàndard, per cada zona de l'escena visual .....	55
Figura 44: gràfiques de la desviació estàndard i de l'índex de contrast espacial de cada zona de l'escena, normalitzats al valor més alt de cada imatge.....	57
Figura 45: representació d'una trama urbana de densitat horitzontal alta, mitja i baixa .....	59
Figura 46: representació d'una trama urbana amb alçades d'edificis d'1-2, 3-4, 5-6 i >6 plantes .....	59
Figura 47: gràfica de seccions i distàncies de visió de dues trames urbanes de densitat <i>alta</i> en planta, amb edificis de PB+1 i PB+5. Representació en perspectiva de les dues escenes visuals	60
Figura 48: gràfica de seccions i distàncies de visió de dues trames urbanes de densitat <i>mitja</i> en planta, amb edificis de PB+1 i PB+5. Representació en perspectiva de les dues escenes visuals	61
Figura 49: gràfica de seccions i distàncies de visió de dues trames urbanes de densitat <i>baixa</i> en planta, amb edificis de PB+1 i PB+5. Representació en perspectiva de les dues escenes visuals	61

Figura 50: colors de teixits urbans de Mòdica, Roma i Nàpols .....	62
Figura 51: representació de l'accés en planta: frontal i lateral.....	63
Figura 52: representació de l'accés en secció: ascendent, descendent i pla .....	64
Figura 53: representació de les obstruccions horitzontals: vegetació, pèrgoles i sense cap obstrucció .....	64
Figura 54: taula d'orientació de les façanes segons l'angle que formen amb el Nord.....	66
Figura 55: representació d'una façana a sud, sud-est i est, amb el raig incident provinent de sud, sud-est i est .....	68
Figura 56: gelosies a la façana del Monestir de Rueda i lames ceràmiques a la Fundació Miró de Palma .....	69
Figura 57: exemples d'arquitectura de vidre; edificis Trade a Barcelona (1965, J.A. Coderch), Glass House (1949, P. Johnson), Farnsworth House (1951, L.M. Van der Rohe) .....	70
Figura 58: gràfica resum amb les 3 zones de l'escena urbana i els valors d'il·luminància <i>E</i> (en escala logarítmica) mesurats a l'interior i l'exterior dels diferents casos d'estudi descrits a l'Annex I. En groc, els valors interiors; en gris, els valors al sol; en negre, els valors a l'ombra...	71
Figura 59: gràfica resum amb les 3 zones de l'escena urbana i els valors de luminància <i>L</i> (en escala logarítmica) mesurats a l'interior i l'exterior dels diferents casos d'estudi descrits a l'Annex I. En groc, els valors interiors; en gris, els valors al sol; en negre, els valors a l'ombra...	71
Figura 60: rendiment visual a diferents nivells d'il·luminància per diferents grups d'edat, joves, adults i gent gran .....	74
Figura 61: distribució d'usuaris en una seqüència de temps .....	75
Figura 62: recorregut d'accés a l'Acròpoli d'Atenes .....	79
Figura 63: Ville la Roche a Paris (1925), Ville Savoye a Poissy (1929) i casa Curutchet a La Plata, Buenos Aires (1953), obres de Le Corbusier .....	80
Figura 64: diferents maneres d'aproximar-se a un edifici: frontal, lateral i en espiral .....	81
Figura 65: Castell de Cheverny (1620, B. de Blois), Casa de Té Boa Nova a Leça da Palmeira (1963, A. Siza), Casa Kaufmann a Pensilvania (1939, F. Ll. Wright).....	82
Figura 66: Museu d'Art Modern a Niteroy (1996, O. Niemeyer), Carpenter Arts Center (1963, Le Corbusier), Hedmark Museum (1967-2005,, S. Fehn) .....	82
Figura 67: diferents esquemes d'entrada corresponents a les dues figures anteriors .....	82
Figura 68: tradició i modernitat en dos espais de transició als edificis: habitatge popular a Arcos de la Frontera i hall d'entrada al Seagram Building (1958, M. van der Rohe) .....	83
Figura 69: posició i relació de l'espai de transició.....	83
Figura 70: l'accés a la casa Curutchet (1953, Le Corbusier) a La Plata, Buenos Aires, està format per una porta, un pati i uns porxos connectats per la rampa que comunica les plantes.....	84
Figura 71: escenes amb diferent càrrega d'informació visual; carrer comercial al Japó i espai "entre catedrales" a Cádiz (2009, A. Campo Baeza) .....	85
Figura 72: porta d'accés al claustre de Santes Creus des de la nau de l'església.....	89
Figura 73: casa grega (làmina L de <i>Los Diez Libros de Arquitectura</i> de Vitruvi) .....	90
Figura 74: casa romana (làmina XLVII de " <i>Los Diez Libros de Arquitectura</i> " de Vitruvi) .....	91
Figura 75: Villa Capra "La Rotonda" a Vicenza (1570, A. Palladio); Villa Foscari "La Malcontenta" (1554, A. Palladio); vestíbul Biblioteca Laurenziana a Florència (1524, M. Buonarrotti) .....	92
Figura 76: Palau Augustusburg i Falkenlust a Brühl (1725, J.C. Schlaun), Residència de Würzburg (1744, J.B. Neumann), Palau Reial de Caserta (1752, L. Vanvitelli), Palau Belvedere a Viena (1723, J.L. von Hildebrandt).....	93



Figura 77: vestíbul Palau de la Música de Barcelona (1908, Ll. Domènech i Montaner) i de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (1913, Ll. Domènech i Montaner) .....	93
Figura 78: entrada a diferents recintes defensius: castell de Sant Ferran a Figueres, castell de Milmanda a Vimodré, castell de Cardona, castell d'Edimburgh, castell d'Alepo i castell Mehrangarh a Jodhpur .....	94
Figura 79: temples d'Isis a Philae i d'Amon a Karnak, Egipte .....	95
Figura 80: vista exterior i interior de l'accés a la Praça das Artes, São Paulo (2012, Brasil Arquitectura) .....	96
Figura 81: Museu de Arte de São Paulo, MASP (1956, L. Bo Bardi) .....	96
Figura 82: espai multifuncional al centre cívic d'Hostalets de Balenyà (1991, Miralles i Pinós), vestíbul de l'estació Tèrmini a Roma (1951, Montuori, Calini, Castellazzi, Fadigati, Pintonello, Mazzoni, Vitellozzi), espai d'accés sota el Museu de Arte de São Paulo, MASP (1956, L. Bo Bardi) .....	97
Figura 83: vestíbul del Centre Pompidou a París (1977, R. Piano, R. Rogers), vestíbul Centre Cultura Contemporània de Barcelona, CCCB (1994, A. Viaplana, H. Piñón).....	97
Figura 84: Museu Noruec del Glacià a Fjærland (1991, S. Fehn).....	98
Figura 85: Biblioteca Pública d'Estocolm (1928, E. G. Asplund).....	98
Figura 86: Capella Kresge del MIT a Boston (1955, E. Saarinen).....	98
Figura 87: categories i aspectes de disseny relatius a la configuració de l'espai .....	100
Figura 88: esquema d'un vestíbul, un porxo i un pati.....	100
Figura 89: esquema de diferents tipus d'espais articulats: a dalt a l'esquerra pati i vestíbul; a baix a l'esquerra porxo i vestíbul; a dalt a la dreta porxo, pati i vestíbul; a baix a la dreta pati, porxo i vestíbul .....	101
Figura 90: palau de congressos a l'EUR, Roma (1938-1954, A. Libera).....	101
Figura 91: casa Rustici a Milano (1936, G. Terragni).....	101
Figura 92: can Lis a Portopetro (1972, J. Utzon) .....	101
Figura 93: centre de negocis Bit Raiguer a Inca (1998, A. Campo Baeza) .....	102
Figura 94: espais d'accés a l'edifici Caixaforum Barcelona (2002, A. Isozaki) .....	102
Figura 95: dimensions principals d'un espai de transició; la fletxa indica la direcció d'entrada a l'espai de transició, en gris .....	103
Figura 96: proporció de l'espai en el sentit d'accés: regular, allargat perpendicular, allargat paral·lel i irregular.....	103
Figura 97: entrada i vestíbul de la Villa Karma a Montreux (1906, A. Loos) .....	104
Figura 98: entrada i vestíbul del Kimbell Art Museum a Fort Worth (1972, L.I.Kahn) .....	104
Figura 99: entrada i vestíbul de la Tate Modern a Londres (2000, Herzog & de Meuron) .....	104
Figura 100: superfície segons la dimensió humana de l'espai: íntim, grup petit, grup mitjà, grup gran.....	104
Figura 101: vestíbul domèstic dels pisos a la Barceloneta (1951, J.A. Coderch) i vestíbul per grans grups al Museu del Louvre a París (1989, I.M. Pei).....	105
Figura 102: alçada de l'espai: una planta, doble o triple espai, gran atri.....	105
Figura 103: vestíbul del desaparegut cinema Barceló a Madrid (1930, L. Gutiérrez Soto) i vestíbul entrada a la seu de Johnson Wax a Wisconsin (1939, F.Ll. Wright).....	105
Figura 104: atri del Banc Nacional de Dinamarca a Copenhage (1971, A. Jacobsen) i nou atri d'entrada al Rijksmuseum d'Amsterdam (2013, Cruz y Ortiz) .....	106
Figura 105: esveltesa de l'espai: poc esvelt, mig esvelt, molt esvelt .....	106

Figura 106: entrada al Palau de Congressos de Catalunya a Barcelona (2000, C. Ferrater, J.M. Cartañá, A. Peñín) i biblioteca de la Universitat Pompeu Fabra al Dipòsit de les Aigües a Barcelona (1874, J. Fontserè i 1999, Ll. Clotet i I. Paricio) .....	107
Figura 107: esquemes d'espais dominats pel pla vertical, horitzontal, sense predomini de plans principals, tipus caixa i amb moviment.....	107
Figura 108: accés a les piscines de mar a Leça da Palmeira, Matosinhos (1966, A. Siza) .....	108
Figura 109: accés al Museu Brasiler d'Escultura de São Paulo, MUBA (1995, P. Mendes da Rocha).....	108
Figura 110: entrada a la Capella del Bosc a Estocolm (1912, E.G. Asplund) .....	109
Figura 111: entrada a la casa Vittoria a l'illa de Pantelleria (1975, Ll. Clotet i O. Tusquets) .....	109
Figura 112: entrada al Museu de las Colecciones Reales a Madrid (2016, Tuñón y Mansilla)..	109
Figura 113: vestíbul del Kiasma a Helsinki (1998, S. Holl), vestíbul del Neues Museum a Berlin (2009, D. Chipperfield), vestíbul de la casa taller de Luis Barragán a Tacubaya, Mèxic (1947, L. Barragán) .....	110
Figura 114: vestíbul de la Casa de Té Boa Nova a Leça da Palmeira (1963, A. Siza), vestíbul CaixaForum Madrid (2008, Herzog & de Meuron) .....	111
Figura 115: dos espais de l'entrada a la casa taller de Luis Barragán a Tacubaya, Mèxic (1947, L. Barragán), passadís a la casa Gilardi a Ciutat de Mèxic (1976, L. Barragán), espai interior jardí infància Jiading New Town Shanghai (2011, Atelier Deshaus).....	111
Figura 116: accés a les piscines de mar a Leça da Palmeira, Matosinhos (1966, A. Siza), vestíbul o sala de les columnes al Château de Compiègne (1751, Ange-Jacques Gabriel), vestíbul de l'edifici del Banc Sabadell a Barcelona (1968, F. Mitjans i S. Balcells) .....	112
Figura 117: Ministeri d'Afers Exteriors a Brasília (1970, O. Niemeyer), Palacio da Alvorada a Brasília (1958, O. Niemeyer), casa del Fascio a Como (1936, G. Terragni) .....	112
Figura 118: continuïtat visual amb l'exterior i l'interior de l'edifici des de l'espai de transició: directe, amb filtre i inexistent.....	113
Figura 119: pòrtic de l'Ospedale degli Innocenti a Florència (1445, F. Brunelleschi) i entrada a la biblioteca de la Philips Exeter Academy a New Hampshire (1972, L. Kahn) .....	113
Figura 120: oficines Bacardí a la Ciutat de Mèxic (1961, M. van der Rohe).....	114
Figura 121: casa das Canoas a Rio de Janeiro (1951, O. Niemeyer).....	114
Figura 122: categories i aspectes de disseny relatius a la configuració de la llum.....	115
Figura 123: procedència en planta de la llum: frontal, posterior, un lateral, dos laterals, global i inexistent .....	116
Figura 124: procedència en secció de la llum: zenital, superior, central, inferior i general.....	116
Figura 125: Museu Fundació Pilar i Joan Miró a Palma (1992, R. Moneo), edifici Correus a Roma (1932, A. Libera) i vestíbul Chrysler Building (1930, W. Van Allen).....	117
Figura 126: vestíbul Whitney Museum a Nova York (1966, M. Breuer), gran atri Isabel II al British Museum (2000, N. Foster), vestíbul Musée Soulages a Rodez (2014, RCR arquitectes).....	117
Figura 127: composició de les fonts de llum: central, perimetral, lineal, regular i irregular.....	117
Figura 128: vestíbul Museo Arqueológico Nacional a Madrid (2014, J.P. Rodríguez Frade), vestíbul Baluarte, Palau de Congressos i Auditori de Navarra a Pamplona (2003, F. Mangado) i marquesina al parc Ibirapuera (1954, O. Niemeyer) .....	118
Figura 129: percentatge d'obertures respecte la superfície de pell: 0-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80% i 80-100% .....	119
Figura 130: orientació dels components de pas de la llum natural: nord, sud, est i oest.....	119

Figura 131: diferents percentatges de llum directa per llum natural (a dalt) o artificial (a baix): indirecta, semiindirecta, mixta, semidirecta i directa.....	120
Figura 132: sala de la Gipsoteca Canoviana a Possagno (1957, C. Scarpa) i sala Monet al Chichu Art Museum a Naoshima (2004, T. Ando) .....	120
Figura 133: aparença de la font.....	121
Figura 134: Èxtasi de la beata Ludovica Albertoni a la capella Alteri a S. Francesco a Ripa, Roma (1674) i Èxtasi de Santa Teresa a la capella Cornaro de Santa Maria della Vittoria, Roma (1651), dues obres de Gianlorenzo Bernini.....	121
Figura 135: canyís a l'entrada de la casa per un fotògraf II al Delta de l'Ebre (2006, C. Ferrater) i emparat a l'entrada de les Bodegues González Byass de Jerez.....	123
Figura 136: esquema d'espais d'accés articulats.....	123
Figura 137: vistes dels patis del Museu Picasso de Barcelona.....	124
Figura 138: entrada a diferents palaus de Palma: Can Bordils al Carrer de l'Almudaina núm. 9 (actual Seu de l'Arxiu Municipal de Palma); Can Oms al Carrer de l'Almudaina núm. 7; Cal Comte de la Cova al Carrer Sol núm. 1 (actual Escola de Turisme de les Balears) .....	124
Figura 139: casa de vacances a Arzachena, Sardenya (1964, M. Zanuso).....	125
Figura 140: casa de vacances a Anavyssos, Grècia (1962, A. Konstantinidis) .....	125
Figura 141: escenes visuals durant el recorregut d'entrada a l'edifici Caixaforum Barcelona...	130
Figura 142: plans de treball d'un espai de transició .....	135
Figura 143: exemple gràfic amb visió d'ull de peix de les relacions de luminància a l'escena visual d'una habitació del projecte de l'hospital de Foligno (Studio CSPE, Firenze) .....	136
Figura 144: escena visual d'un espai interior des del punt de vista d'un observador dempeus, amb les tres zones corresponents al terra, les parets i el sostre .....	137
Figura 145: efectes del contrast simultani d'una superfície del mateix color sobre superfícies amb brillantor diferent .....	138
Figura 146: gràfica d'adaptació a la foscor amb el lapse de temps de 7 minuts aproximadament d'adaptació dels cons .....	141
Figura 147: gràfica amb seqüència temporal en abscisses i logaritme de la il·luminància (log E) en ordenades; amb els valors màxims mesurats a l'exterior i els valors esperats a l'interior; entre ells, l'espai de transició.....	141
Figura 148: representació d'un espai en secció amb diferents distàncies de visió.....	142
Figura 149: seqüència de vistes d'un edifici des de l'exterior i l'interior a diferents distàncies. La franja central acolorida correspon a la zona de visió central .....	142
Figura 150: comparació de l'escena visual exterior i interior amb valors de luminància (al sol) mesurats a cada una de les Zones 1, 2 i 3 (en tons de gris, la zona amb visió central).....	142
Figura 151: gràfica amb seqüència temporal en abscisses i logaritme de la luminància (log L) en ordenades, amb els valors mesurats a l'exterior i els valors esperats a l'interior; entre ells, l'espai de transició .....	143
Figura 152: dues imatges del mateix espai fetes a diferents distàncies; la lluminositat canvia en funció del moviment (Solana, Westlake, Texas. Arquitectes: Maguire Thomas Partners).....	143
Figura 153: recorregut d'entrada al Museu Fundació Pilar i Joan Miró a Palma (1992, R. Moneo) .....	144
Figura 154: gràfica del nivell d'adaptació i lluminositat aparent. En abscisses, la luminància ( $1 \text{ cd/m}^2 = 3.14 \text{ Asb}$ ) i en ordenades la lluminositat aparent. Com exemple es mostra com una luminància de $30 \text{ Asb}$ ( $9.55 \text{ cd/m}^2$ ) en un entorn amb nivell d'adaptació de $10 \text{ Asb}$ ( $3.18 \text{ cd/m}^2$ )	

és percebut com a 40 i si l'entorn té un nivell d'adaptació de 1000 Asb ( $318 \text{ cd/m}^2$ ) és percebut com a 4 .....	144
Figura 155: la llum rasant aporta textura als materials de construcció, fent visibles la seva naturalesa, el mètode de tall o el pas dels anys .....	145
Figura 156: obertures a l'exterior com a possibles fonts d'enlluernament, fora del camp visual (Pantheon, Roma) i en el pla vertical .....	147
Figura 157: corbes de Kruithof relacionant la il·luminància amb la temperatura de color; en gris, les zones on l'aspecte de la llum no té un aspecte natural.....	148
Figura 158: corbes de Kruithof amb els valors superposats recomanats d'il·luminància per vestíbuls (100-150 lx) i d'espais interiors (fins 500 lx) .....	148
Figura 159: temple de l'aigua a l'illa d'Awaji (1991, T. Ando) .....	149
Figura 160: a dalt, tres vistes del metro de Munich; a baix, estacions del metro de Nàpols, Tokio i Estocolm. En tots els casos l'ús del color és un element fonamental del disseny .....	150
Figura 161: mitjançant Photoshop, els colors vermell i verd s'han copiat a baix i s'han desaturat. El gris obtingut és el mateix, per tant la seva reflectància teòricament és la mateixa .....	152
Figura 162: espais destinats a l'avaluació de lluminositat, pintats de color groc, blau i gris .....	152
Figura 163: a) percentatge de respostes a la pregunta: <i>en quin espai creus que hi ha més llum?</i> , en una primera impressió i a sota, les mesures de luminància; b) percentatge de respostes a la pregunta: <i>en quin espai creus que hi ha més llum?</i> , després de dos minuts i a sota, les mesures de luminància; c) percentatge de respostes a la pregunta: <i>en quin espai creus que hi ha menys llum?</i> , després de dos minuts i a sota, les mesures de luminància.....	153
Figura 164: diferents esquemes d'espais amb obertures a l'exterior i visuals en primer pla, pla mitjà i pla llunyà.....	154
Figura 165: dos exemples de vestíbuls amb visió a exteriors molt lluminosos; casa La Ricarda (1963, A. Bonet Castellana) i Caixaforum Barcelona (2002, A. Isozaki) .....	155
Figura 166: esquemes de percepció temporal associades a la visió de l'exterior.....	155
Figura 167: maquetes amb un recorregut on es crea un ritme i un punt d'èmfasi mitjançant la llum.....	156
Figura 168: temps d'estada en un espai de transició: només pas, aturada i recorregut per l'espai .....	158
Figura 169: porta d'entrada a Son Boter (Fundació Pilar i Joan Miró, Palma) des de l'exterior i des de l'interior .....	160
Figura 170: planta i dues vistes exteriors de l'església de Santa Maria della Pace a Roma (1667, P. da Cortona); planta i façana del Palazzo Massimo alle Colonne a Roma (1536, B. Peruzzi) ..	164
Figura 171: gràfica amb seqüència temporal en abscisses i logaritme de la luminància ( $\log L$ ) en ordenades, amb els valors mesurats a l'exterior i els valors esperats a l'interior; entre ells, l'espai de transició .....	165
Figura 172: definició geomètrica de les escenes visuals corresponents a un exterior i un interior, amb les Zones 1, 2 i 3 .....	166
Figura 173: gràfica amb seqüència temporal en abscisses i logaritme de la luminància ( $\log L$ ) en ordenades, amb els valors mesurats a l'exterior i els valors esperats a l'interior; entre ells, l'espai de transició on s'indica la luminància de les superfícies a l'ombra ( $1000 \text{ cd/m}^2$ ) i els valors propers .....	167
Figura 174: esquema d'escenes visuals d'espais amb parets i sostre; espais amb sostre sense parets; i amb parets sense sostre .....	168

Figura 175: palau de congressos a l'EUR, Roma (1938-1954, A. Libera); en verd, els espais d'accés.....	169
Figura 176: casa Rustici a Milano (1936, G. Terragni); en verd, els espais d'accés.....	169
Figura 177: can Lis a Portopetro (1972, J. Utzon); en verd, els espais d'accés .....	169
Figura 178: esquema d'escenes visuals d'un espai regular, allargat en sentit perpendicular, perpendicular en sentit paral·lel i irregular .....	170
Figura 179: entrada i vestíbul de la Villa Karma a Montreux (1906, A. Loos); en verd, l'espai d'entrada .....	171
Figura 180: Kimbell Art Museum a Fort Worth (1972, L.I.Kahn); en verd, els espais d'accés....	171
Figura 181: Tate Modern a Londres (2000, Herzog & de Meuron); en verd, els espais d'accés	171
Figura 182: esquema d'escenes visuals d'un espai petit i un espai gran .....	172
Figura 183: pisos a la Barceloneta (1951, J.A. Coderch); en verd, el vestíbul .....	172
Figura 184: Museu del Louvre a Paris (1989, I.M. Pei); en verd, l'espai d'accés.....	173
Figura 185: esquema d'escenes visuals d'un espai amb més de doble alçada i d'una alçada ...	173
Figura 186: Rijksmuseum d'Amsterdam (2013, Cruz y Ortiz); en verd, els espais d'accés.....	174
Figura 187: seu de Johnson Wax a Wisconsin (1939, F.Ll. Wright); en verd, els espais d'accés	174
Figura 188: Banc Nacional de Dinamarca a Copenhage (1971, A. Jacobsen); en verd, els espais d'accés.....	175
Figura 189: esquemes d'escenes visuals d'espais amb diferent composició segons el predomini de plans: vertical, horitzontal, desaparició del pla, caixa i moviment.....	176
Figura 190: piscines de mar a Leça da Palmeira, Matosinhos (1966, A. Siza); en verd, els espais d'accés.....	176
Figura 191: Museu Brasiler d'Escultura de São Paulo, MUBA (1995, P. Mendes da Rocha); en verd, la llosa que cobreix l'accés.....	177
Figura 192: Capella del Bosc a Estocolm (1912, E.G. Asplund); en verd, l'espai d'entrada.....	177
Figura 193: Museu de las Colecciones Reales a Madrid (2016, Tuñón y Mansilla); en verd, l'espai d'entrada .....	178
Figura 194: Neues Museum a Berlin (2009, D. Chipperfield); en verd, els espais d'entrada.....	178
Figura 195: casa taller de Luis Barragán a Tacubaya, Mèxic (1947, L. Barragán); en verd, els dos vestíbuls d'entrada .....	179
Figura 196: Kiasma a Helsinki (1998, S. Holl); en verd, els espais d'entrada.....	179
Figura 197: vestíbuls amb paviments amb diferent acabat: a l'esquerra, paviment polit amb reflexió especular (Centre Cívic Llevant a Reus); a la dreta, paviment mat amb reflexió difusa (Seu COAC a Tarragona) .....	180
Figura 198: imatges dels espais avaluats lumínicament i descrits a l'Annex III.....	181
Figura 199: vestíbuls de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (1913, J. Domènech i Montaner), del Chrysler Building (1930, W. Van Allen) i de la Fondazione Querini Stampalia (1963, C. Scarpa) .....	182
Figura 200: entrada a la Ricarda (1963, A. Bonet Castellana), marquesina al parc Ibirapuera (1954, O. Niemeyer), vista des del vestíbul del Museu de Castelvechio de Verona (1974, C. Scarpa).....	183
Figura 201: procedència de la llum en planta (frontal, posterior, un lateral, dos laterals, global i inexistent).....	184
Figura 202: procedència de la llum en secció (zenital, superior, inferior, central, general) .....	185
Figura 203: composició de la il·luminació (central, perifèrica, lineal, regular i irregular) .....	186

Figura 204: diferents qualitats de la llum segons orientació a la Catedral de Chartres i il·luminació d'un espai de pas mitjançant un component de pas lateral.....	187
Figura 205: entrada de l'Hotel Davall Plaça a Capafonts (2007, J. López).....	188
Figura 206: escena visual exterior i interior amb valors de luminància de cada una de les zones .....	189

## LLISTAT DE TAULES

Taula 1: luminància d'un paper blanc amb reflexió aproximada 0.8 sota diferents il·luminacions .....	51
Taula 2: valors i ordre de valors d'il·luminància en diferents situacions.....	51
Taula 3: valors de luminància ( $L$ ) i il·luminància ( $E$ ) a les Zones 3, 2 i 1 i a les zones en ombra. A les façanes s'han diferenciat els valors de les façanes blanques i les de color .....	52
Taula 4: materials presents en els casos d'estudi i coeficients de reflexió calculats; entre parèntesi, el valor mitjà i en negreta, els valors màxims i mínims obtinguts.....	65
Taula 5: orientació de les façanes dels casos d'estudi, angles d'incidència solar ( $\alpha$ , $\beta$ ), angle real entre el sol i el raig perpendicular a la superfície ( $\gamma$ ) i cosinus d'aquest angle ( $\cos \gamma$ ) .....	67
Taula 6: càlcul de l'angle $\gamma$ i $\cos \gamma$ entre façanes amb orientacions est, sud-est i sud i el sol amb diferents posicions (est, sud-est i sud).....	68
Taula 7: resum dels requisits d'il·luminació per activitats segons la UNE 12464.1 <i>Norma europea sobre iluminación para interiores</i> ; la segona columna mostra el rang de valors d'il·luminància recomanats per ús dels edificis; la quarta columna mostra els valors d'il·luminància recomanats per espais assimilables als espais de transició; la cinquena columna mostra l'índex de rendiment en color recomanable.....	131
Taula 8: valors recomanats d'il·luminància segons categories relacionades amb la tasca visual, extret de <i>The IESNA Lighting Handbook</i> .....	131
Taula 9: valors d'il·luminància recomanats segons tasca visual extrets del <i>Manual de alumbrado Philips</i> .....	132
Taula 10: temperatura de color de diferents fonts de llum.....	133
Taula 11: definició de grups de rendiment de color per aplicacions, segons la CIE.....	133
Taula 12: escala de luminàncies per enllumenat interior segons el Manual de Alumbrado Philips .....	138
Taula 13: aspectes de disseny dels espais de transició i influència en els definidors de la qualitat visual de l'espai; en gris fosc, els aspectes amb major importància, en gris clar, els aspectes amb una importància menor, en blanc, els aspectes amb cap o escassa importància.....	162

## BIBLIOGRAFIA

### Llibres sobre temes generals i específics

ARNHEIM R.

***Arte y percepción visual: psicología de la visión creadora***

Buenos Aires: EUDEBA, 1967

BAKER N., FANCHIOTTI A., STEEMERS K.

***Daylighting in architecture: a European reference book***

London: James & James, 1993

BIRCH J.

***Diagnosis of Defective Colour Vision***

Oxford etc: Butterworth-Heinemann, 2001

BIRREN F.

***Light, "color" and environment***

New York, etc.: Van Nostrand Reinhold, [c.1969]

BLANCA GIMÉNEZ V., AGUILAR RICO M.

***Iluminación y color***

Valencia: Servicio de Publicaciones, DL 1995

BRANDI U., GEISSMAR-BRANDI C.

***Lightbook. The practice of lighting design***

Basel [etc]: Birkhäuser, 2001

CHING F.

***Arquitectura: forma, espacio y orden***

México D.F.: Gustavo Gili, 1989

COATON J.R., MARSDEN A.M.

***Lamps and lighting***

London [etc]: Arnold, cop. 1997

COCH ROURA, H.

***La utilitat dels espais inútils. Una aportació a l'avaluació del confort ambiental a l'arquitectura dels espais intermedis.***

Barcelona, 2003

CORBETT J., CORBETT M.

***Designing sustainable communities: learning from Village Homes.***

Washington etc: Island, cop.2000

CUADRAT J.M., PITA M.F.

***Climatología***

Madrid: Cátedra, 1997



FEIJÓ MUÑOZ J.

***Instalaciones de iluminación en la arquitectura***

Valladolid: Secretariado de Publicaciones. Universidad: Colegio Oficial de Arquitectos en Valladolid, DL 1994

FONATTI F.

***Principios elementales de la forma en arquitectura***

Barcelona: Gustavo Gili, DL 1998

GIBSON J. J.

***La Percepción del mundo visual***

Buenos Aires: Infinito, 1974

GOETHE J.W. Von

***Teoría de los colores***

Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos [etc], 1992

GUZOWSKI M.

***Daylighting for sustainable design***

New York: McGraw-Hill, cop.2000

HOPKINSON R.G., KAY J.D.

***The lighting of buildings***

London: Faber and Faber, 1972

ITTEN J.

***El arte del color***

México D.F.: Limusa, 1992

ITTEN J.

***The Elements of color: a treatise on the color system of Johannes Itten based on his book The art of color***

New York, etc: Van Nostrand Reinhold Company, 1970

JACOBS, A.

***SynthLight Handbook. Chapter 1: Fundamentals***

Low Energy Architecture Research Unit, LEARN London Metropolitan University. 2004

KOWALISKI P.

***Vision et mesure de la couleur***

Paris: Masson, 1990

LAM William M. C.

***Perception and Lighting as Formgivers for Architecture***

New York: McGraw-Hill Book, cop. 1977

LE CORBUSIER

***El viaje de oriente***

Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, 1984

LE CORBUSIER

***Cap a una arquitectura***

Barcelona: Editorial Mediterrània, 2009

LECHNER N.

***Heating, cooling, lighting. Design methods for architects***

New York: John Wiley & sons, 2000

MARTIENSSEN R.D.

***La idea del espacio en la arquitectura griega***

Buenos Aires, Nueva Visión, 1977

MEERWEIN G.

***Color: communication in architectural space***

Basel: Birkhäuser, 2010

MICHEL Lou

***Light: the shape of space: designing with space and light***

New York [etc]: John Wiley, cop. 1995

MILLER A. Austin

***Climatología***

Barcelona: Omega, 1975

MUNSELL A.H.

***A basic treatise on the Color System of Albert H. Munsell: a Grammar of Color***

New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1969

NEILA GONZÁLEZ F.J.

***Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible***

Madrid: Munilla-Lería, 2004

PANERO J., ZELNIK M.

***Las Dimensiones Humanas en los espacios interiores***

Barcelona etc. Gustavo Gili, 1983

RASMUSSEN S.E.

***La Experiencia de la arquitectura: sobre la percepción de nuestro entorno***

Barcelona: Reverté, cop.2004

REA M.S.

***The IESNA lighting handbook: reference & application. 9th edition***

New York: Illuminating Engineering Society of North America, cop. 2000

SERRA R., COCH H.

***Arquitectura y energía natural***

Barcelona: Edicions UPC, 2001

SERRA R.

***Clima, lugar y arquitectura***

[Madrid]: CIEMAT, DL 1989

SMITH F.K., BERTOLONE F. J.

***Bringing interiors to light: the principles and practices of Lighting design***

New York: Whitney Library of Design, 1986

STEANE M.A.

***The architecture of light: recent approaches to designing with natural light***

London; New York: Routledge, 2011

TORRICELLI M.C.

***La luce del giorno: tecnologie e strumenti per la progettazione***

Firenze: Alinea, cop. 1995

TREGENZA P., LOE D.

***The design of lighting***

London; New York: E & FN Spon, cop. 1998

VALERO RAMOS, E.

***La Materia intangible: reflexiones sobre la luz en el proyecto de arquitectura***

Valencia: Ediciones Generales de la Construcción, DL 2004

VERNON M.D.

***The Psychology of Perception***

Hardmondsworth: Penguin Books, 1962

VITRUVIO POLIÓN M.

***Los diez libros de arquitectura***

Traducción y comentarios por José Ortiz Sanz. Torrejón de Ardoz (Madrid): Akal, DL 1987

ZIJL H.

***Philips. Manual de luminotècnia***

Madrid: Philips, 1958

ZUPPIROLI L., BUSSAC Marie-Noelle.

***Traité de la lumière***

Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, cop. 2009

#### Articles i congressos

ARAJI M.T., BOUBEKRI M., CHALFOUN N.V.

***An Examination of Visual Comfort in Transitional Spaces***

Architectural Science Review Volume 50.4 pp.349-356

CHUN C., KWOK A., TAMURA A.

***Thermal comfort in transitional spaces – basic concepts: literature review and trial measurement***

Building and Environment 39 (2004) 1187-1192

COCH H., SERRA R., ISALGUÉ A.

***The Mediterranean Blind: Less Light, Better Vision***

Renewable Energy 15 (1998) 431-436

CUSTERS PJM, de KORT YAW, IJSSELSTEIJN WA, de KRUIFF ME.

***Lighting in retail environments: Atmosphere perception in the real world***

Lighting Research and Technology 42, 2010, 331-343

CUTTLE, C.

***Towards the third stage of the lighting profession***

Lighting Research and Technology 42 (2010) 73-93

FOTIOS S. ATLI D.

***Comparing judgments of visual clarity and spatial brightness through an analysis of studies using the category rating procedure***

Leukos vol.8 no.4 april 201 pp.261-281

HOPKINSON R.G., STEVENS W.R., WALDRAM J.M.

***Brightness and contrast in illuminating engineering***

Trans. Illum. Eng. Soc. (London) 1941; 6: 37-48.

JAY P.A.

***Review: Subjective criteria for lighting design***

Lighting Research and Technology 34, 2 (2002) pp. 87-99

KRUIHOF, A.A.

***Tubular Luminescence Lamps for General Illumination***

Philips Techn. Rev. 1941, 6, 65-96

LASAGNO C.M., PATTINI A.E., RODRÍGUEZ R.G., COLOMBO E.M.

***Developing a modelling factor index for transition spaces: a case study approach***

Architectural Science Review 54 (2011) 215-224

PITTS A., BIN SALEH J.

***Potential for energy saving in building transition spaces***

Energy and Buildings 39 (2007) 815-822

ROCKCASTLE S., ANDERSEN M.

***Measuring the Dynamics of contrast & daylight variability in architecture: a proof-of-concept methodology***

Building and Environment 81 (2014) 320-333

ROMBAUTS, P.

***Visual comfort in underground working environments***

9th LUX-Europa Lighting Conference, Reikjavick-IJsland, (2001) 388-393

RUGGIERO F., SERRA R., DIMUNDO A.

***Re-interpretation of traditional architecture for visual comfort***

Building and Environment 44 (2009) 1886-1891

SMITH D.

***Color-Person-Environment Relationships***

COLOR research and application, volume 33, Number 4, August 2008

WALDRAM J.M.

***Studies in interior lighting***

Trans. Illum. Eng. Soc. (London) 1954; 19: 95-133.

WALDRAM J.M.

***Designed appearance lighting***

Chapter 5 In Lynes JA, ed. Developments in lighting - 1. London: Applied Science Publishers, 1978.

Recursos electrònics i altres

- <http://www.jaloxa.eu/webhdr/index.html>
- Versió digital de l'Institut d'Estudis Catalans (dlc.iec.cat)
- Atles de Radiació Solar a Catalunya. Edició 2000. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 2001
- CTE DB HE 1. Limitació de la demanda energètica
- CIE "Recommendations on illuminance" in Guide on interior lighting, publication CIE nº 29.2, 1986
- UNE 12464.1 Norma europea sobre iluminación para interiores
- Institut d'Estudis Catalans. Diccionari de la Llengua Catalana. Enciclopèdia Catalana i Edicions 62
- Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española
- VOX. Diccionario Manual de Sinónimos y antónimos de la Lengua Española
- Diccionario de uso del español. María Moliner. Editorial Gredos

## ANNEXES